



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
Previo a la Obtención del Título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

“Lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa”

Autor:

Carlos Geovanny Velásquez Mendoza

Director:

Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Carlos Geovanny Velásquez Mendoza**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Carlos Geovanny Velásquez Mendoza
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Carlos Geovanny Velásquez Mendoza**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos
Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

	
Documento	Velasquez - Proyecto de investigacion 31.10.2016.docx (D22910129)
Presentado	2016-10-31 18:24 (-05:00)
Recibido	rgaibor.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Velasquez - Proyecto de investigacion 31.10.2016 Mostrar el mensaje completo
	7% de esta aprox. 21 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 1 fuentes.

	
Urkund Analysis Result	
Analysed Document:	Velasquez - Proyecto de investigacion 31.10.2016.docx (D22910129)
Submitted:	2016-11-01 00:24:00
Submitted By:	rgaibor@uteq.edu.ec
Significance:	7 %
Sources included in the report:	
Velasquez - Proyecto de investigacion 27.10.2016.docx (D22773569)	
Instances where selected sources appear:	
6	

Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Ing. Ludvick Amores Puyutaxi

Presidente del Tribunal

Ing. César Varas Maenza

Miembro del Tribunal

Ing. Ramiro Gaibor Fernández

Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2016

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora.

A mis padres por su voz de aliento y consejos a lo largo de mi vida, enseñándome a no rendirme ante los obstáculos que se puedan presentar.

A mis hermanas por su apoyo incondicional.

A mi demás familia; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Por último a mis compañeros y a mi director de tesis quien ayudó en todo momento, Ing. Luis Llerena Ramos.

Al Dr. Gregorio Vasconez, por sus sugerencias en el desarrollo de la investigación.

A todos los docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haber compartido conmigo sus conocimientos y haberme aconsejado antes diferentes dificultades.

Carlos Velásquez

DEDICATORIA

A Dios por ser el creador de mi vida y darme fortaleza para no desfallecer.

A mis padres por ser el cimiento para la construcción de mi vida basada en amor y respeto, y con su sacrificio ha hecho posible la culminación de esta etapa en mi vida.

A mis hermanas quienes amo con mi vida por todo el tiempo que compartimos.

A toda mi familia por todo el apoyo brindado.

Carlos Velásquez

RESUMEN

Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación se han evidenciado en varios estudios, lo que ha demostrado que cuando la dicha tasa es alta, el cultivo no puede asimilar y aprovechar todo el nitrógeno aportado mediante las fertilizaciones. Considerando lo anterior se llevó a cabo la presente investigación a fin de evaluar la lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa, para lo cual se estableció un cultivo de maíz en la finca experimental “La María”, propiedad de la UTEQ, localizada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo – Mocache. El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos en tres repeticiones, utilizando la prueba de Tukey al 95% para la comparación de medias. Los tratamientos estudiados consistieron en aplicaciones a los 15 y 45 días realizando diferentes fraccionamientos del nitrógeno aplicado, los mismos que fueron: T₁: 100 – 0 N, T₂: 80 – 20 N, T₃: 60 – 40 N, T₄: 40 – 60 N, T₅: 20 – 80 N, T₆: 0 – 100 N, T₇: 0 – 0 N (Testigo). Como principales resultados se pudo apreciar que la cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo fue mayor al aplicarse el 40% del requerimiento a los 15 días de edad y el 60% restante a los 45 días después de la siembra, sobrepasando en 40.3 Kg/Ha a la aplicación del todo el requerimiento a los 15 días de edad. El total de nitrógeno al final del cultivo fue mayor cuando se aplicó todo el nitrógeno a los 45 días de edad del cultivo con 42.7 Kg/Ha, siendo consecuencia de que el nitrógeno remanente en el suelo no fue absorbido en su totalidad, y se mantuvo en el suelo. La altura de planta de los 45 días de edad del cultivo no se vio influenciada por los tratamientos estudiados, registrando promedios entre 126.7 y 153.3 cm. Cuando el cultivo alcanzó los 100 días de edad, se observaron diferencia entre los tratamientos estudiados donde la aplicación de todo el requerimiento de nitrógeno a los 15 días superó en 20.0 cm a la aplicación del 20% a los 15 días y el 80% restante a los 45 días. La aplicación del total del nitrógeno en una sola aplicación los 15 días, produjo las mazorcas con mayor diámetro, longitud y peso, con 4.9 cm, 15.9 cm y 201.8 g, superando a los demás tratamientos. Al aplicar todo el requerimiento del nitrógeno a los 15 días de edad del cultivo, se obtuvo mayor rendimiento, reflejando diferencia entre 2239.9 y 4565.5 Kg/Ha por encima de los demás tratamientos.

Palabras Claves: lixiviación, nitrógeno, maíz

SUMMARY

Nitrogen losses by leaching have been shown in several studies, which have shown that when this rate is high, the culture can not assimilate and take advantage of all the nitrogen provided by the fertilizations. Considering the above was conducted this investigation in order to assess the leaching of nitrogen in the cultivation of corn in the rainy season, for which a maize crop in the experimental farm "La Maria" was established, owned UTEQ , located at kilometer 7.5 of the road Quevedo - Mocache. The trial was conducted under a complete block design with seven treatments randomized in three replicates using the Tukey test at 95% for the comparison of means. The treatments consisted of applications at 15 and 45 days doing different subdivisions of applied nitrogen, the same as were: T1: 100-0 N, T2: 80-20 N, T3: 60 - 40 N, T4: 40 - 60 N, T5: 20-80 N, T6: 0 - 100 N, T7: 0 - 0 N (Witness). The main results it was observed that the amount of nitrogen absorbed by the crop was higher by applying the 40% requirement at 15 days of age and the remaining 45 days after planting 60%, surpassing 40.3 Kg/Ha the implementation of all the requirements at 15 days of age. The total nitrogen at the end of the culture was higher when all the nitrogen at 45 days old culture was applied to 42.7 Kg/Ha, with a result that the nitrogen remaining in the soil was not fully absorbed and held on the floor. Plant height 45 days old crop was not influenced by the treatments studied, posting averages between 126.7 and 153.3 cm. When the culture reached 100 days of age, differences were observed between the treatments where the application of all nitrogen requirement at 15 days exceeded 20.0 cm to the application of 20% at 15 days and 80% remaining 45 days. The application of total nitrogen in one application 15 days produced cobs larger diameter, length and weight, with 4.9 cm, 15.9 cm and 201.8 g, outperforming other treatments. By applying all the nitrogen requirement at 15 days old crop, higher performance was obtained, reflecting difference between 2239.9 and 4565.5 Kg/Ha over other treatments.

Keywords: leaching, nitrogen, corn

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
Portada.....	i
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos.....	ii
Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico.....	iv
Certificación de Aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Summary.....	ix
Tabla de Contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xiv
Índice de Anexos	xv
Código Dublín	xvii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Problema de Investigación	3
1.1.1 Planteamiento del Problema	3
1.1.2 Formulación del Problema.....	3
1.1.3 Sistematización del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación	5

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1 Marco Teórico	7
2.1.1 Generalidades del Cultivo de Maíz	7
2.1.1.1 Origen	7
2.1.1.2 Factores que afectan a la productividad del maíz	7
2.1.2 Balance de Nutrientes de las Plantas	11
2.1.3 Extracción de Nutrientes por el Cultivo de Maíz	14
2.1.4 Importancia del Nitrógeno en la Fertilización del Maíz.....	16
2.1.5 Pérdida de nitrógeno en los cultivos.....	17
2.1.6 Lixiviación del Nitrógeno.....	19
2.1.6.1 Factores que afectan la lixiviación del nitrógeno	20
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1 Localización.....	23
3.2 Tipo de Investigación	23
3.3 Métodos de Investigación.....	23
3.4 Fuentes de Recopilación de Información	23
3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	24
3.5.1 Especificaciones del Experimento.....	24
3.6 Instrumentos de Investigación	25
3.6.1 Tratamientos Estudiados.....	25
3.6.2 Material Genético	26
3.6.3 Manejo del Experimento	26
3.6.3.1 Análisis de suelo.....	26
3.6.3.2 Limpieza del terreno.....	26
3.6.3.3 Preparación del terreno.....	26

3.6.3.4 Siembra.....	26
3.6.3.5 Fertilización	27
3.6.3.6 Control de malezas	27
3.6.3.7 Control de plagas y enfermedades.....	27
3.6.3.8 Cosecha.....	27
3.6.4 Datos Registrados y Formas de Evaluación	28
3.6.4.1 Nitrógeno perdido (Kg/Ha)	28
3.6.4.2 Nitrógeno al final del cultivo (Kg/Ha)	28
3.6.4.3 Altura de planta a los 45 y 100 días (cm).....	28
3.6.4.4 Longitud de mazorca (cm).....	28
3.6.4.5 Diámetro de mazorca (cm)	28
3.6.4.6 Peso de mazorca (g).....	29
3.6.4.7 Rendimiento ajustado al 13% de humedad (Kg/Ha)	29
3.7 Recursos Humanos y Materiales	29
3.7.1 Recursos Humanos	29
3.7.2 Recursos Materiales.....	29
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Resultados.....	32
4.1.1 Nitrógeno Perdido (Kg/Ha)	32
4.1.2 Nitrógeno Final (Kg/Ha)	33
4.1.3 Altura de Planta a los 45 Días (cm).....	34
4.1.4 Altura de Planta a los 100 Días (cm).....	35
4.1.5 Longitud de Mazorcas (cm).....	36
4.1.6 Diámetro de Mazorcas (cm)	37
4.1.7 Peso de Mazorcas (g).....	38

4.1.8 Rendimiento Ajustado al 13% de Humedad (Kg/Ha)	39
4.2 Discusión	40
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1 Conclusiones.....	43
5.2 Recomendaciones	44
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	45
6.1 Bibliografía Citada	46
CAPÍTULO VII ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Esquema del análisis de varianza	24
Tabla 2	Nitrógeno perdido (Kg/Ha).	32
Tabla 3	Nitrógeno final (Kg/Ha)	33
Tabla 4	Altura de plantas a los 45 días (cm)	34
Tabla 5	Altura de plantas a los 100 días (cm)	35
Tabla 6	Longitud de mazorcas de maíz (cm)	36
Tabla 7	Diámetro de mazorcas de maíz (cm).....	37
Tabla 8	Peso de mazorcas de maíz (g)	38
Tabla 9	Rendimiento de grano de maíz ajustado al 13% de humedad (Kg/ha)	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis de varianza de nitrógeno absorbido.	50
Anexo 2	Análisis de varianza de nitrógeno después del cultivo.	50
Anexo 3	Análisis de varianza de altura de plantas a los 45 días (cm).....	50
Anexo 4	Análisis de varianza de altura de plantas a los 100 días (cm).....	50
Anexo 5	Análisis de varianza de longitud de mazorcas (cm)	51
Anexo 6	Análisis de varianza de diámetro de mazorcas (cm).....	51
Anexo 7	Análisis de varianza de peso de mazorcas (g)	51
Anexo 8	Análisis de varianza de rendimiento de grano al 13% (Kg/Ha).....	51
Anexo 9	Preparación del terreno	52
Anexo 10	Delimitación del terreno	52
Anexo 11	Toma de muestras de suelo antes del cultivo.....	53
Anexo 12	Siembra de maíz con espeque	53
Anexo 13	Plantas de maíz a los dos días después de la germinación.....	54
Anexo 14	Plantas de maíz a los 10 después de la siembra	54
Anexo 15	Plantas de maíz a los 30 después de la siembra	55
Anexo 16	Fertilización del cultivo de maíz.....	55
Anexo 17	Evaluación de altura de plantas de maíz a los 45 días después de la siembra.	56
Anexo 18	Evaluación del diámetro de mazorcas (cm).....	56
Anexo 19	Evaluación de la longitud de mazorcas (cm).....	57

Anexo 20	Evaluación del peso de mazorcas (cm).....	57
Anexo 21	Separación de las mazorcas por cada tratamiento para la evaluación del rendimiento al 13%	58
Anexo 22	Toma de muestras de suelo después del cultivo.	58
Anexo 23	Análisis de porcentaje de materia seca por cada tratamiento.....	59
Anexo 24	Análisis foliar	60
Anexo 25	Análisis de suelo al inicio del cultivo (hoja 1 de 2)	61
Anexo 26	Análisis de suelo al inicio del cultivo (hoja 2 de 2)	62
Anexo 27	Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 1 de 4)	63
Anexo 28	Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 2 de 4)	64
Anexo 29	Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 3 de 4)	65
Anexo 30	Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 4 de 4)	66

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa”
Autor:	Carlos Geovanny Velásquez Mendoza
Palabras clave:	Maíz, lixiviación, nitrógeno
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación se han evidenciado en varios estudios, lo que ha demostrado que cuando la dicha tasa es alta, el cultivo no puede asimilar y aprovechar todo el nitrógeno aportado mediante las fertilizaciones. Considerando lo anterior se llevó a cabo la presente investigación a fin de evaluar la lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa, para lo cual se estableció un cultivo de maíz en la finca experimental “La María”, propiedad de la UTEQ, localizada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo – Mocache. El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos en tres repeticiones, utilizando la prueba de Tukey al 95% para la comparación de medias. Los tratamientos estudiados consistieron en aplicaciones a los 15 y 45 días realizando diferentes fraccionamientos del nitrógeno aplicado, los mismos que fueron: T1: 100 – 0 N, T2: 80 – 20 N, T3: 60 – 40 N, T4: 40 – 60 N, T5: 20 – 80 N, T6: 0 – 100 N, T7: 0 – 0 N (Testigo). Como principales resultados se pudo apreciar que la cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo fue mayor al aplicarse el 40% del requerimiento a los 15 días de edad y el 60% restante a los 45 días después de la siembra, sobrepasando en 40.3 Kg/Ha a la aplicación del todo el requerimiento a los 15 días de edad. El total de nitrógeno al final del cultivo fue mayor cuando se aplicó todo el nitrógeno a los 45 días de edad del cultivo con 42.7 Kg/Ha, siendo consecuencia de que el nitrógeno remanente en el suelo no fue absorbido en su totalidad, y se mantuvo en el suelo. La altura de planta de los 45 días de edad del cultivo no se vio influenciada por los tratamientos estudiados, registrando promedios entre 126.7 y 153.3 cm. Cuando el cultivo alcanzó los 100 días de edad, se observaron diferencia entre los tratamientos estudiados donde la aplicación de todo el requerimiento de nitrógeno a los 15 días superó en 20.0 cm a la aplicación del 20% a los 15 días y el 80% restante a los 45 días. La aplicación del total del nitrógeno en una sola aplicación los 15 días, produjo las mazorcas con mayor diámetro, longitud y peso, con 4.9 cm, 15.9 cm y 201.8 g, superando a los demás tratamientos. Al aplicar todo el requerimiento del nitrógeno a los 15 días de edad del cultivo, se obtuvo mayor rendimiento, reflejando diferencia entre 2239.9 y 4565.5 Kg/Ha por encima de los demás tratamientos.
Descripción:	
URL	

INTRODUCCIÓN

Los nitratos del suelo participan en diferentes procesos a lo largo de los ciclos agrícolas. Como es conocido, pueden ser absorbidos por las raíces, inmovilizados por la microflora del suelo o pueden perderse del sistema suelo - planta (Rimski-Korsakov, 2005).

Las pérdidas por lixiviación pueden ser importantes cuando la dosis de fertilizantes nitrogenados se encuentra por encima de los requerimientos del cultivo (sobre fertilización), o cuando la oferta de nitratos y la demanda del cultivo están desfasadas en el tiempo. Desde el punto de vista tecnológico, estas pérdidas se pueden minimizar optimizando la dosis y momento de aplicación del fertilizante (Rimski-Korsakov, 2005).

Los fertilizantes son productos que representan entre el 20 y 30% de los costos de producción de un cultivo. Muchos agricultores están aplicando fertilizantes en exceso, encareciendo los costos de producción, desmejorando la calidad y desnaturalizando la fertilidad de los suelos de Ecuador que tiene un clima precioso para la producción agrícola. Se debe hacer un llamado a los agricultores del país para que traten de minimizar las adiciones innecesarias de fertilizantes, nitrogenados al suelo (Valverde, 2011).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del Problema

Debido a la agricultura continua y al alto potencial de rendimiento de los híbridos actuales la fertilización con nitrógeno ha aumentado considerablemente en los últimos años. La lixiviación de nitratos tiene consecuencias ambientales y económicas negativas. Entre otras cosas, su presencia puede ser perjudicial. Por otra parte, el fertilizante que no es aprovechado por los cultivos representa una pérdida económica para el productor agropecuario.

Las pérdidas por lixiviación constituyen una de los factores que han incrementado la dosificación de fertilizantes nitrogenados, incrementando por ende los costos de producción, por lo que se hace necesario la búsqueda de soluciones a esta problemática, de lo cual surge el fraccionamiento de la cantidad total a aplicar en el cultivo, el mismo que de acuerdo a reportes en la literatura pueden ayudar a disminuir las pérdidas por lixiviación, sin embargo se debe identificar el fraccionamiento idóneo que ayude en el desarrollo del cultivo y a su vez permita obtener un alto nivel de rendimiento que permita el desarrollo de una actividad maicera rentable.

1.1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la cantidad de nitrógenos absorbido por el cultivo y cuál es la cantidad disponible en suelo después del cosechar el cultivo de maíz?

1.1.3 Sistematización del Problema

En base a la problemática abordaba anteriormente se plantean las siguientes directrices:

¿Qué porcentaje de nitrógeno existe en el suelo después del cultivo?

¿Cuál es la cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo?

¿Cuál es el fraccionamiento de nitrógeno que mayor rendimiento por hectárea produce?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje de nitrógeno existente en el suelo después del cultivo.
- Determinar la cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo.
- Identificar el fraccionamiento de la dosis de nitrógeno que permita alcanzar el mayor rendimiento por hectárea.

1.3 Justificación

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales y a su vez limitantes de la producción de maíz, es importante estudiar aspectos importantes que pueden afectar a la producción de este, entre los cuales se encuentra la lixiviación del nitrógeno que es causante de pérdidas de incremento de las dosis de fertilización nitrogenada, y por consiguiente en los costos de producción.

Ecuador requiere de dosis altas de fertilizantes nitrogenados, por lo que es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de producción. Por lo tanto, la reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados (fuentes inorgánicas) por la fijación biológica del nitrógeno; contribuirá en la reducción de la contaminación del aire y agua dando una alternativa de producción para los productores.

La presente investigación se justifica mediante la identificación del nitrógeno absorbido por el cultivo, así como el remanente de este en el suelo a fin de generar información que sirva de guía para la toma de decisiones sobre la fertilización nitrogenada en el cultivo, y a su vez fraccionar el nitrógeno de manera efectiva para un mejor aprovechamiento de los nutrientes y evitar pérdidas sustanciales de nitrógeno que puede ser de suma importancia para el desarrollo y rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Generalidades del Cultivo de Maíz

2.1.1.1 Origen

El maíz es un pasto gigante domesticado (*Zea mays* L.) de origen tropical mexicano. La planta es usada para producir granos y forraje, los cuales constituyen la base para la alimentación de humanos y animales, así como para la industria farmacéutica y manufacturera (Salvador, 2001).

Paliwal (2001) sostiene que el maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica desde donde se difundió hacia todo el continente. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa, para ellos, diez mil años de cultura.

2.1.1.2 Factores que afectan a la productividad del maíz

- **Temperatura**

Dentro de los factores climáticos determinantes de la producción vegetal, la temperatura es uno de los más importantes. Es común observar que en años «fríos» el desarrollo de las fases fenológicas de las plantas se atrasa mientras que en años «cálidos» se adelanta. El desarrollo del maíz depende directamente de la temperatura en la medida en que no se modifique la evolución fisiológica de las plantas por efectos de la ocurrencia de valores muy bajos o muy altos de aquella, o cambios en el fotoperiodo (Totis, 2008).

El cultivo de maíz requiere una temperatura óptima de 25 °C a 30 °C. Requiere bastante incidencia de luz solar. Para que se produzca la germinación de la semilla, la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C (Zambrano, 2009).

La temperatura es uno de los principales controladores de la distribución y productividad de las plantas, con efectos importantes en la actividad fisiológica en todas las escalas temporales y espaciales (Sage & Kubien, 2007). El calor es necesario para la vida; cada proceso vital y cada nivel de desarrollo están limitados a un rango de temperatura. Las plantas terrestres están adaptadas a temperaturas entre 5° C y 40° C, dentro de las cuales ocurre producción de masa seca y crecimiento. En el caso particular de las especies tropicales y subtropicales, las temperaturas óptimas están entre 15° C y 35° C, encontrándose, obviamente, una variación de temperaturas y su adaptación a ellas debida a la altitud (Yepes & Buckeridge, 2011).

Las temperaturas diurnas pueden tener efectos lesivos, relacionados con el calentamiento del tejido, o efectos indirectos asociados a déficits hídricos de la planta, que pueden aumentar la demanda de evaporación. Las plantas pueden adquirir termotolerancia, si son sometidas a un aumento de temperatura no letal por algunas horas antes de encontrarse en condiciones de choque térmico. Una planta aclimatada puede sobrevivir ante exposiciones a temperaturas que podrían, en caso contrario, ser letales. El proceso de aclimatación tiene que involucrar la síntesis de nuevas proteínas en respuesta a la temperatura alta, que confieren termotolerancia al organismo (Hall, 2001).

Las plantas que son expuestas al exceso de calor muestran características metabólicas y celulares particulares. Cuando las plantas son sometidas a temperaturas, por lo menos 5 °C arriba de su temperatura óptima de crecimiento, una señal de estrés por calor es activada, lo que disminuye la síntesis de proteínas normales y acelera la transcripción de las proteínas de choque térmico. Los niveles de estas proteínas pueden aumentar en circunstancias temporales y de desarrollo, con resultados como el cese de crecimiento, daño de órganos y hasta la muerte. Aun, en el campo, en condiciones naturales de alta irradiación y en plántulas germinadas en suelo caliente, la transcripción de HSP puede aumentar en hojas, con lo cual se disminuye la transpiración y la se produce cierre estomático (Hall, 2001).

La influencia de la temperatura sobre las tasas de metabolismo, la temperatura representa una limitación escondida para el potencial de rendimiento en muchas áreas tropicales. Las diferencias en rendimientos de los cultivos en diferentes ambientes pueden ser explicadas, en

términos generales, por la duración del cultivo; cuanto mayor es el ciclo del cultivo, más radiación es interceptada. En áreas templadas con días largos y noches relativamente frescas el potencial de rendimiento es considerablemente mayor que en áreas tropicales (Lafitte, 2001).

Cuando las hojas trans-piran libremente, la temperatura de las mismas estará 1 o 2°C por debajo de la temperatura del aire evitando el daño a los tejidos. Si la transpiración se reduce a causa de un cierre parcial de los estomas, la temperatura de la hoja puede llegar a ser de 3° a 6°C superior a la temperatura del aire y si el cierre de los estomas es total, la temperatura de la hoja puede ser hasta 10°C más alta que la temperatura del aire. Las altas temperaturas después de la floración incrementan la tasa de llenado de los granos y acortan su duración de ese período (Lafitte, 2001).

Los efectos de las bajas temperaturas se manifiestan tanto sobre las funciones enzimáticas como sobre las propiedades de las membranas y se ponen en evidencia por la reducción de la fotosíntesis, del crecimiento, de la extensión de las hojas y por la absorción de agua y nutrimentos. La fotosíntesis es seriamente afectada por las bajas temperaturas, especialmente en presencia de luz intensa. El umbral para un daño irreversible al sistema fotosintético es de 1.5 días a 10°C para el maíz de zona templada y con luz intensa (Totis, 2008).

No existe información que indique que las bajas temperaturas tengan un efecto sobre la polinización o sobre la formación del grano. Se ha comprobado que los índices de cosecha de cultivares de zonas bajas no adaptados a zonas frías tropicales fueron más sensibles a la temperatura que la producción de biomasa, lo que podría indicar un efecto restrictivo de la temperatura en la formación de las reservas. De cualquier manera, las temperaturas bajas en el medio de la estación no son comunes en el cultivo de las variedades de maíces tropicales adaptados a zonas bajas (Lafitte, 2001).

- **Suelo**

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas (Deras, 2014). La mayor dificultad de desarrollo del cultivo se encuentran en los suelos excesivamente pesados

(arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros por su facilidad a inundarse y los segundos por la tendencia a secarse excesivamente. Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos que presenten buenas condiciones tales como textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua (Yzarra, Trebejo, & Noriega, 2006).

- **Salinidad**

El maíz es medianamente tolerante a los contenidos de sales en el suelo o en las aguas de riego. Las sales retrasan la nacencia de las semillas, sin afectar sus porcentajes de emergencia (un contenido de sales totales solubles de 0.5% en el suelo, o bien, 15.3 g/ L en la solución del suelo). Las plantas mueren cuando la concentración alcanza valores de 1.15% ó 43 g/L (Yzarra, Trebejo, & Noriega, 2006).

- **Pluviometría**

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento se requiere entre 400 a 650 mm anual, para el Cantón Paltas (Zambrano, 2009). Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa (Yzarra, Trebejo, & Noriega, 2006).

- **Sequía**

Cuando la sequía ocurre durante el establecimiento del cultivo las plántulas mueren y su población se reduce; como el maíz tiene una escasa capacidad para producir macollos productivos, el cultivo no puede compensar el efecto de la sequía, aun cuando las lluvias sean adecuadas en el resto de la estación. La resiembra de las plantas perdidas es efectiva solo si se hace en una etapa temprana, ya que la alta variabilidad de las plantas sembradas tiene un efecto negativo sobre toda la producción (Lafitte, 2001).

Si la sequía ocurre durante el llenado del grano, la velocidad y la duración del período de llenado decrecen; esto ocurre a causa de una reducción en la fotosíntesis y una aceleración de la senescencia foliar. El estrés del llenado del grano por lo general ocurre cuando las lluvias terminan temprano, en comparación con otros años; las variedades de madurez temprana pueden evitar tal estrés pero a costa de una pérdida de potencial de rendimiento en los años de buenas lluvias (Lafitte, 2001).

2.1.2 Balance de Nutrientes de las Plantas

El balance de nutrientes resulta de la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un agrosistema o unidad productiva determinado. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Esta definición permite estimar balances nutricionales de una parcela en una campaña agrícola a partir de los nutrientes que se extraen del suelo en los productos cosechados (granos, forrajes, frutos, etc.) o en los productos animales, así como en los restos de cultivos que son transferidos a otras parcelas (González & Pomares, 2008).

En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios o acumulativos generándose situaciones de pérdida ($\text{egresos} > \text{ingresos}$) o de ganancia ($\text{ingresos} > \text{egresos}$). Esta definición permite estimar balances nutricionales de un lote en una campaña agrícola a partir de los nutrientes que egresan del suelo en los granos y forrajes cosechados, en los productos animales y en los residuos de cultivos que son transferidos a otros lotes. Los ingresos de nutrientes al suelo están constituidos por los aportados por fertilizantes, abonos orgánicos (incluyendo residuos de cultivos no generados en el mismo lote) y, en el caso de nitrógeno (N), por la fijación de N_2 del aire. El aporte de nutrientes de los residuos de cultivos realizados en el mismo lote, se considera un reciclaje de nutrientes dentro del mismo sistema suelo y por lo tanto, no se incluye entre los ingresos (Ciampitti & García, 2008).

El concepto de balances de nutrientes se amplía en el tiempo cuando se considera una rotación determinada que incluye más de un cultivo o un ciclo agrícola. Dados los beneficios que resultan

de la rotación de cultivos, es de gran importancia considerar un ciclo de rotación, y no simplemente un cultivo, al definir los balances de nutrientes. Por otra parte, la dinámica de los nutrientes en el sistema suelo-planta implica transformaciones que en muchas ocasiones exceden el período de crecimiento de un cultivo, por ejemplo el efecto residual del fósforo (P) (González & Pomares, 2008).

Un ecosistema agrícola difiere de un ecosistema natural en el hecho que los nutrientes son constantemente extraídos y exportados, además de que las fuentes de nutrientes localizadas fuera del área cultivada pueden ser usadas para aumentar la producción. En un ecosistema natural, el suministro natural de nutrientes al menos compensa las pérdidas causadas por las escorrentías, lixiviación y volatilización y, en condiciones favorables, los nutrientes se acumulan en la vegetación perenne y en la capa superficial del suelo. En los sistemas agrícolas, el agricultor interviene en diferentes etapas del ciclo de los nutrientes para optimizar la producción agrícola y la correspondiente exportación de nutrientes (Orozco, 2010).

Básicamente, el esquema del balance de nutrientes en la finca se refiere a las entradas de éstos, ya sea de forma natural (precipitaciones en forma de lluvia, el agua de riego, etc.) o por restitución (restos de cosechas, abonados orgánicos, incorporación de biomasa, etc.) y salidas por la exportación derivada de las cosechas que se venden o consumen en la propia finca, y las pérdidas originadas por lavado, escorrentía, etc. También hay otros procesos, que introducen nutrientes en la finca (mediante deposiciones y sedimentaciones) o que suponen pérdidas de nutrientes (la erosión hídrica y eólica), pero éstas, en general, son menos importantes y más difíciles de estimar (González & Pomares, 2008).

La estimación del balance de nutrientes responde al concepto de “caja negra”, es decir que no considera las transformaciones de nutrientes en el sistema suelo-planta ni las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión. Un balance negativo a nivel de un lote que presenta excesivos niveles de fertilidad no debe ser considerado necesariamente como “malo”. También, balances de nutrientes neutros (ingreso = egreso), indican que el stock del suelo no varió, pero la calidad y, por ende, la fertilidad del suelo podría haber sido alterada (Ciampitti & García, 2008).

Las entradas de nutrientes se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes o abonos orgánicos aplicados y su concentración en nutrientes. Las entradas principales de nutrientes al suelo están constituidos por los aportados con los fertilizantes, abonos orgánicos (incluyendo residuos de cultivos no generados en la misma parcela) y, en el caso del nitrógeno (N), por la fijación de N_2 vía simbiótica y asimbiótica del aire, cuyas cantidades varían según especie, condiciones ambientales y de manejo. Las salidas de nutrientes pueden ser estimadas a partir de las concentraciones promedio en los productos cosechados. Las concentraciones indicadas en tablas son referencias promedio, ya que existen variaciones importantes en la concentración de nutrientes en las cosechas según las condiciones ambientales y de manejo (González & Pomares, 2008).

Para cada nutriente, se debe establecer un balance. La eficiencia de un sistema de producción depende de la importancia de la absorción del cultivo versus el suministro total de nutrientes. Las altas pérdidas limitan la eficiencia. Se pueden «mermar» las reservas de los nutrientes siempre y cuando no afecte el suministro anual de nutrientes o la condición general de la fertilidad del suelo. Normalmente la insuficiencia de uno de los nutrientes limita la eficiencia de absorción de otros nutrientes, reduciendo el rendimiento de los cultivos (Ciampitti & García, 2008).

El manejo adecuado de la nutrición y fertilización de cultivos permite mejorar el balance de nutrientes. Existe abundante información a nivel regional e internacional en cuanto a las ventajas agronómicas, económicas y ambientales de la nutrición y fertilización equilibrada. Estos programas de fertilización equilibrada producen mejores rendimientos de los cultivos, acercan los rendimientos actuales a los potenciales en las distintas áreas ecológicas, y mantienen y/o mejoran la sustentabilidad de los sistemas de producción. La importancia de estimar el balance de nutrientes, ya sea a nivel de país, región, finca o parcela, radica en que los balances negativos (aplicar menos nutrientes de los que se extraen con las cosechas), provocan una disminución de la fertilidad de los suelos, afectando la productividad y rentabilidad del sistema y degradando el recurso suelo. Por otra parte, balances exageradamente positivos (aplicar más nutrientes de los que se extraen con los productos cosechados), dan lugar a bajas eficiencias de uso de los

nutrientes y pobres resultados económicos, pudiendo generar desequilibrios nutricionales y/o problemas de contaminación ambiental (Gonzálvez & Pomares, 2008).

Los egresos de nutrientes de un lote pueden ser estimados a partir de las concentraciones promedio en granos y forrajes cosechados y los rendimientos de los cultivos. Los ingresos de nutrientes se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes o abonos orgánicos aplicados y su concentración en nutrientes. Las cantidades de N_2 fijado vía simbiótica y asimbiótica varían según especie, condiciones ambientales y de manejo. Por ejemplo, para soja en la región pampeana argentina, el aporte de N vía fijación simbiótica se ha estimado entre un 30% a 70% de las necesidades totales del cultivo (Ciampitti & García, 2008).

Una agricultura sustentable debería considerar el balances de nutrientes de los lotes en los cuales se esta trabajando. En situaciones de alta disponibilidad de nutrientes en los suelos, estos balances podrán ser negativos por determinado tiempo, pero deberá monitorearse periódicamente la disponibilidad en los suelos y analizar como la impactan los balances negativos. En la medida en que nos acercamos a niveles de disponibilidad críticos para los cultivos, los balances deberán ser neutros o positivos. Los balances positivos permitirán recuperar situaciones de baja disponibilidad de nutrientes (por debajo de niveles críticos) (Ciampitti & García, 2008).

2.1.3 Extracción de Nutrientes por el Cultivo de Maíz

Todas las plantas demandan de una serie de nutrientes, los mismos que son obtenidos del medio que las rodea, ya sean estos minerales (C, H, O) o no minerales. Los nutrientes minerales pueden ser primarios como N; P; K que son los elementos que en mayor cantidad se toman en cuenta ya que las plantas los requieren en mayores cantidades, secundarios como Ca, Mg y S, o microelementos dentro de los cuales se encuentran B, Cl, Cu, Mo, Zn, sin embargo todos los elementos mencionados anteriormente son importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y debe haber un equilibrio entre estos para asegurar el rendimiento de los cultivos, ya que cada nutriente influye en cada uno los procesos fisiológicos de las plantas, recalándose que el nitrógeno, fosforo y potasio cobran mayor importancia por las grandes cantidades que las

plantas necesitan de estos, porque es poco común que haya deficiencias de microelementos (INPOFOS, 2002).

Los requerimientos de absorción y extracción se expresan en términos de kg de nutrientes por tonelada de grano o materia seca. Es importante destacar la variabilidad de resultados cuando las concentraciones de los nutrientes en granos se expresan con diferentes porcentajes de humedad, sin la corrección necesaria. Para comprender este concepto utilizamos un ejemplo sencillo, el caso del cultivo de maíz con la humedad comercial (Hc) de 14.5 %, para un rendimiento objetivo de 12 T/ha (IPNI, s.f.).

Si el análisis de suelo indica por una parte deficiencia de nitrógeno y materia orgánica, se debe agregar el nitrógeno en dos formas de fertilizantes: urea y sulfato de amonio. De igual manera, si el análisis manifiesta deficiencias en fósforo y potasio, estos elementos deben incorporarse en forma de superfosfato y muriato de potasio. De una manera general y atendiendo a la manera de absorción y el desdoblamiento de los elementos N, P y K, se recomienda que el fertilizante que contiene el nitrógeno debe aplicarse fraccionado (50 % a la siembra y el resto entre los 35 a 45 días del cultivo). Los fertilizantes que contienen fósforo y potasio se deben incorporar al suelo previo a la siembra (Orozco, 2010).

El mismo autor nos dice que el maíz es un cultivo con altas demandas nutricionales. Entre los elementos del suelo que utiliza en mayores cantidades cabe mencionar el nitrógeno, seguido del potasio y el fósforo. Estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sea en forma individual o combinados en fórmulas.

Los nutrientes de las plantas que se encuentran en forma natural en el suelo, provienen tanto del aire como del agua, o son el resultado de la fijación del nitrógeno y la edificación de las partículas minerales en el suelo. La vegetación absorbe una parte de estos nutrientes, mientras que otra se redistribuye geográficamente a través de las escorrentías y otra porción se pierde a través de la volatilización, fijación y lixiviación. Los agricultores utilizan el suministro natural de estos nutrientes para sus cultivos y lo redistribuyen en el espacio y tiempo a través del uso y organización de sus sistemas de producción (García, 2004).

2.1.4 Importancia del Nitrógeno en la Fertilización del Maíz

El rendimiento de maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el cultivo debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración: cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización (García, 2004).

La nutrición en las plantas es el factor más importante en el crecimiento y producción. El empleo de abonos orgánicos y minerales debe orientarse en la meta de producción porque se extraen grandes cantidades de nutrientes del suelo disminuyendo sus reservas, por lo que no debe considerarse solo las necesidades de un cultivo, sino también el balance de nutrientes de los cultivos de rotación (BASF, s.f.).

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas (Torres, 2016).

La oferta del lote (nitrógeno en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que

varían según se considere al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizantes (Melgar & Torres, s.f.).

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Rodríguez, 2001).

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje. En casos de deficiencia, las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 2002).

El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrimentos vegetales, favorece un crecimiento rápido de tallos y hojas, asegura el color verde oscuro y aumenta la producción. Aumenta el contenido proteico ya que forma parte de los aminoácidos y por ende de la estructura de las proteínas en los cultivos (16 a 18 %). Su deficiencia provoca un crecimiento lento y puede retardar la formación de granos y frutos (SAGARPA, s.f.).

Los rendimientos de una plantación de maíz están en función de los nutrientes disponibles en el suelo, especialmente del que se encuentra en menor cantidad y del potencial de producción de la variedad o híbrido que se siembra en una determinada zona (Calero, 2006).

2.1.5 Pérdida de nitrógeno en los cultivos

Las pérdidas de nitrógeno que deben ser consideradas para estimar la dosis de fertilizante a agregar se caracterizan brevemente a continuación:

- **Volatilización de amoníaco:** Esta pérdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contienen urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor de

los gránulos del fertilizante alcanzando pHs de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. La enzima que cataliza la hidrólisis de la urea en el suelo es la ureasa. La concentración de esta enzima es muy superior en los rastrojos que en suelo. Por ello, la aplicación de urea sobre residuos incrementaría la tasa de pérdida de nitrógeno por esta vía, siempre que el ambiente sea predisponente. Los otros factores que predisponen la pérdida por volatilización son la temperatura (mayores a 15-18 °C), dosis de nitrógeno, vientos, pH del suelo, etc. Una vez incorporado el fertilizante (ya sea por un implemento agrícola o por las lluvias y/o riego) la magnitud de la pérdida se reduce significativamente. En aplicaciones de fertilizantes en V6 hay que tener en cuenta las condiciones ambientales mencionadas para decidir la fuente de fertilizante a utilizar y/o la dosis de nutriente a aplicar (Torres, 2016).

- **Lixiviación de nitratos:** Esta pérdida es el lavado de nitratos por el agua de percolación del suelo por debajo de la zona de aprovechamiento de las raíces. Para que se genere la misma es necesario un flujo vertical de agua en el perfil del suelo saturado provocado por lluvias intensas o el riego. Esta pérdida resulta más importantes en suelos arenosos por la mayor movilidad vertical de los nitratos. Teniendo en cuenta que estamos frente a un ciclo climático húmedo, los pronósticos meteorológicos de corto plazo a nivel local deberían considerarse en las decisiones de fertilización a campo. Existen varios factores que inciden en forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos: tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), cobertura de residuos o de cultivos; disponibilidad de nitratos en el suelo; intensidad de la lluvia y/o riego; etc (Torres, 2016).

En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta determina una salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta. La estrategia de manejo del fertilizante debería procurar aplicar el nitrógeno escapando a los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa. En el caso del maíz, a partir de V6-7 comienza una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para agregar nitrógeno. En aplicaciones a la siembra o de postemergencia, de presentarse eventos de lluvias intensas (comunes en esta época) podrían reducir el aprovechamiento del nitrógeno fertilizado. En el

caso de sistemas bajo riego, la lámina de agua aplicada no debería superar la demanda real de evapotranspiración del cultivo para evitar la migración de los nitratos fuera de la zona de aprovechamiento radical del cultivo (Torres, 2016).

- **Desnitrificación:** Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que generan anaerobiosis que promueven la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular (N_2). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo (Torres, 2016).

2.1.6 Lixiviación del Nitrógeno

El efecto del tipo de suelo y de la dosis de fertilizante nitrogenado en la lixiviación del NO_3 se puede evaluar gráficamente mediante un programa educativo de computación desarrollado en la Universidad de Georgia, USA. Este modelo denominado “N-Show”, permite al usuario comparar los resultados de ingreso de datos en un modelo de crecimiento del maíz en diferentes condiciones. Las gráficas generadas por el programa presentan el contenido de agua y de NO_3 en el suelo y el contenido de N en la planta y con estos datos se puede monitorizar la pérdida de NO_3 por lixiviación a través del tiempo, para determinar cómo se desarrollan las condiciones que llevan a la pérdida de N por lixiviación (IPNI, s.f.).

Las pérdidas de N por lixiviación en forma de ion nitrato se originan con los aportes de fertilizantes nítricos, amoniacales y con las aguas de riego con altos contenidos de nitrato. Los iones amonio, procedentes de los fertilizantes amoniacales, esto contribuye a la eutrofización de las aguas superficiales y, sobre todo, a la contaminación de las subterráneas. Por ello, para aminorar el impacto ambiental de este tipo de pérdidas se establecerán estudios sobre la racionalización de las dosis de N, para establecer pautas idóneas de abonado nitrogenado en función de la demanda estacional de los cultivos y, sobre la contribución del nitrógeno de reserva al desarrollo de nuevos órganos. Mediante el diagnóstico nutritivo de la planta, el contenido en nitrato del agua de riego y el nitrógeno disponible en el suelo (Legaz, 2005).

La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante (Ferraris, 2010).

2.1.6.1 Factores que afectan la lixiviación del nitrógeno

La lixiviación de nitratos se produce a que la carga negativa del NO_3^- impide que éste quede retenido en la fracción coloidal del suelo favoreciendo, en cambio, que sea arrastrado por el agua que circula por el suelo. Son varios los factores que pueden incidir en las pérdidas de nitrógeno producto de la lixiviación de nitratos entre los cuales se encuentran: tipos de suelo (textura, permeabilidad, etc.), intensidad de precipitaciones en el sitio donde se encuentra establecido el cultivo, cobertura de suelos por restos de cosechas anteriores así como de abonos verdes que actualmente se utilizan en los sistemas de producción alternativos, la disponibilidad de nitratos en el suelo, el tipo de riego y cantidad de este que se aplique en una determinada área, etc. De manera general, la salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta, es determinada por el excedente o balance positivo de agua en dicho sistema, por lo que al aplicarse fertilizantes se deberá considerar dicho proceso para aplicar estrategias que tengan como finalidad procurar evitar fertilizar en temporada de lluvias intensas así como en temporadas donde el consumo de agua y nutrientes por parte del cultivo es más intenso (Miliarium Aureum, 2004).

Miliarium Aureum (2004), indica que los factores que afectan la lixiviación del nitrógeno son:

- **Tipo de suelo:** El tipo de suelo condicionará en gran medida el lixiviado de nitratos. La presencia de arcillas con una importante capacidad de retención de nitratos impedirá que éstos sean transportados por medio del agua de drenaje de suelo disminuyendo el riesgo de lixiviación de los mismos fuera de la zona de aprovechamiento por parte de la vegetación existente. Los suelos arenosos permiten una movilidad vertical de los nitratos mayor

favoreciendo el lixiviado de los mismos. El lixiviado aumenta en suelos arenosos que son muy permeables y que posean una limitada capacidad de campo.

- **Humedad del suelo:** Generalmente se asume que cuando llueve sobre un suelo húmedo, el lavado del suelo, y por tanto la lixiviación de nitrato, será mayor. Pero esto no es siempre cierto. Por ejemplo, en suelos que poseen una textura fina, la velocidad de infiltración del agua y la velocidad a la que circula el agua a través del suelo disminuyen a medida que aumenta la humedad del suelo.
- **Presencia de materia orgánica y rastros en la superficie:** La presencia de materia orgánica y rastros en la superficie, provoca que se infiltre más agua (en relación con el agua que discurre), aumentando así la probabilidad de lixiviación.
- **Cultivos de crecimiento activo:** La presencia de cultivos que estén en fase y/o época de crecimiento, es un factor importante a la hora de tener en cuenta la cantidad de nitrato que puede llegar a ser lixiviado. Es necesario recordar que las plantas absorben nitrato, disminuyendo la concentración de esta especie del N en el suelo. También, las plantas absorben agua a través de las raíces favoreciendo, de forma indirecta, que disminuya el lixiviado porque pasa menos cantidad de agua a través del suelo.
- **Tipo de laboreo:** El regadío puede facilitar la contaminación nitrática del agua mediante el movimiento de las aguas aportadas, tanto en sentido vertical, desde la superficie a los estratos más profundos (lixiviación), como horizontalmente por escorrentía superficial (lavado). Las zonas donde el regadío juega mayor importancia en los procesos de lixiviación de nitratos se caracterizan por presentar al menos una de las siguientes características: suelos arenosos muy permeables y de limitada capacidad de campo; presencia de capa freática superficial (profundidad no superior a 2 m); terrenos superficiales (profundidad inferior a 15-20 cm) apoyándose sobre una roca fisurada; terrenos con pendiente superior al 2-3%; práctica de una agricultura intensiva con aportes elevados de abonos; terrenos ricos en materia orgánica y labrados con frecuencia en profundidad; presencia de arrozales en suelos de permeabilidad media, etc.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

La presente investigación se realizó entre los meses de enero a mayo del año 2016 en terrenos de la finca experimental “La María”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el Km 7.5 de la vía Quevedo – Mocache, entre las coordenadas 1° 02'46'' de latitud Sur y 79° 38'01'' de longitud Oeste, a una altura de 120 metros sobre el nivel del mar.

El clima de la zona es tropical húmedo, la temperatura media anual es de 24.8 °C, precipitación promedio anual de 2252.5 mm, 84% de humedad relativa, heliofanía promedio anual de 894 horas.

3.2 Tipo de Investigación

Se realizó una investigación de tipo experimental en la cual se estudió el efecto de diferentes tratamientos sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz, además se identificó la cantidad de nitrógeno tanto extraído como lixiviado.

3.3 Métodos de Investigación

El método inductivo se utilizó para la determinación de los tratamientos a estudiar, mientras que se utilizó el método deductivo para la identificación y determinación del porcentaje de nitrógeno existente en el suelo antes y después del cultivo, para posteriormente sacar la cantidad de nitrógeno lixiviado a lo largo del ciclo de producción.

3.4 Fuentes de Recopilación de Información

La información se obtuvo a través de fuentes primarias mediante la observación directa y obtención de datos producto de la evaluación de las variables evaluadas, así como de fuentes secundarias como libros, revistas, publicaciones e internet.

3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos en 3 repeticiones.

Todas las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para establecer la diferencia estadística entre los tratamientos. Para el procesamiento estadístico se utilizó Infostat.

Esquema del ADEVA

El esquema del análisis de varianza se presenta en la tabla 1:

Tabla 1 Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	6
Error	12
Total	20

3.5.1 Especificaciones del Experimento

Área de las parcelas	: 12.8 m ²
Área total del ensayo	: 503.2 m ²
Dimensión de las parcelas	: 3.2 x 4.0 m
Dimensión del ensayo	: 14.8 x 34.0 m
Distancia entre tratamientos	: 1 m
Distancias entre repeticiones	: 1 m
Longitud de las repeticiones	: 16.8 m
Distancia entre plantas	: 0.2 m

Distancia entre hileras	: 0.8 m
Número de plantas por hectárea	: 62500
Número de hileras por parcela	: 4
Número de hileras útiles por parcela	: 2
Número de plantas por hilera	: 20
Número de plantas por parcela	: 80
Número de plantas útiles por parcela	: 36
Número de repeticiones	: 3
Número de tratamientos	: 7
Número de unidades experimentales	: 21
Total de plantas en el ensayo	: 1680
Total de plantas útiles en el ensayo	: 756

3.6 Instrumentos de Investigación

3.6.1 Tratamientos Estudiados

Se estudiaron 6 tratamientos aplicando la cantidad de nitrógeno recomendado en dos fraccionamientos, una a los 15 y otra a los 45 días, que se compararon a su vez con un testigo sin adición de nitrógeno, tal como se detalla a continuación:

T₁: 100 – 0 N

T₂: 80 – 20 N

T₃: 60 – 40 N

T₄: 40 – 60 N

T₅: 20 – 80 N

T₆: 0 – 100 N

T₇: 0 – 0 N (Testigo)

3.6.2 Material Genético

Como material genético se utilizó el híbrido simple Dekalb 7088 de Ecuaquímica, caracterizado por su alto rendimiento y estabilidad en las regiones maiceras del Ecuador, plantas de porte medio con tolerancia a acame, resistencia a las principales enfermedades tropicales, grano semidentado de color amarillo.

3.6.3 Manejo del Experimento

3.6.3.1 Análisis de suelo

Para al análisis de suelo se tomaron muestras de los primeros 10 cm del suelo, que posteriormente se mezclaron e identificaron para llevarlas a su respectivo análisis en el Departamento de Suelo y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

3.6.3.2 Limpieza del terreno

Para esta labor se eliminó la maleza existente en el terreno con glifosato en dosis de 1.5 L/ha a los 8 días antes de efectuar la preparación del terreno.

3.6.3.3 Preparación del terreno

El terreno se preparó con dos pases de rastra en ambos sentidos para dejar el terreno bien mullido y de este modo facilitar el desarrollo radicular del cultivo.

3.6.3.4 Siembra

Se sembró manualmente con espeque a una distancia de 0.2 m entre plantas y 0.8 m entre hileras.

3.6.3.5 Fertilización

Conjuntamente con la siembra se aplicó 80.32 Kg/Ha de Muriato de potasio y 390.24 Kg/Ha de Superfosfato triple. Posteriormente se aplicó 150 Kg/Ha de nitrógeno puro (326.09 Kg de urea) fraccionado a los 15 y 45 días de acuerdo a las especificaciones de cada tratamiento en estudio.

3.6.3.6 Control de malezas

El primer control de malezas se realizó inmediatamente después de la siembra aplicando 3 l/Ha Prowl (pendimetalin), 1 l/Ha de Aminapac (2,4-D amina). Luego se efectuaron dos controles manuales a los 20 y 35 días. Finalmente se hizo un tercer control de malezas de manera dirigida (pantalla) con Gramoxone en dosis de 1.5 l/Ha.

3.6.3.7 Control de plagas y enfermedades

Se efectuaron dos controles de insectos a los 18 y 35 días después de la siembra con Lorsban (Clorpirifós) en dosis de 0.3 l/Ha.

3.6.3.8 Cosecha

La cosecha se efectuó a los 120 días de edad del cultivo, una vez que este alcanzó su madurez fisiológica.

3.6.4 Datos Registrados y Formas de Evaluación

3.6.4.1 Nitrógeno perdido (Kg/Ha)

Para la determinación del nitrógeno perdido se sumó la cantidad de nitrógeno inicial disponible en el suelo con la aportada por la fertilización (150 Kg/Ha), posteriormente a dicho valor se le restó el nitrógeno absorbido por el cultivo y el final disponible en el suelo.

3.6.4.2 Nitrógeno al final del cultivo (Kg/Ha)

Una vez cosechado el cultivo se procedió a tomar muestra de cada subparcela experimental de los primeros 30 cm de profundidad del suelo, que luego se identificaron y se enviaron para su análisis al Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

3.6.4.3 Altura de planta a los 45 y 100 días (cm)

Para la evaluación de esta variable se consideró desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más joven en 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil, para luego promediar y expresar el valor en centímetros, tanto a los 45 como a los 100 días después de la siembra.

3.6.4.4 Longitud de mazorca (cm)

Por cada subparcela experimental se tomaron 10 mazorcas aleatoriamente las cuales se midieron con una cinta métrica, luego se promedió y se expresó dicha medida en centímetros.

3.6.4.5 Diámetro de mazorca (cm)

En las mismas mazorcas utilizadas para la evaluación de la variable anterior se midió el tercio medio con la ayuda de un calibrador pie de rey, para luego promediar y expresar la medida en centímetros.

3.6.4.6 Peso de mazorca (g)

Las mazorcas tomadas para la evaluación de la longitud y diámetro se pesaron una balanza y luego se halló el promedio y expresó dicha medida en gramos.

3.6.4.7 Rendimiento ajustado al 13% de humedad (Kg/Ha)

El rendimiento por hectárea de grano se obtuvo del rendimiento de cada parcela determinando el peso de los granos ajustado al 13% de humedad empleando la siguiente fórmula:

$$P_u = \frac{P_a (100 - H_a)}{100 - H_d}$$

Dónde:

P_u = peso uniformizado

P_a = peso actual

H_a = humedad actual

H_d = humedad deseada

3.7 Recursos Humanos y Materiales

3.7.1 Recursos Humanos

En el ensayo se contó con la participación de jornales que colaboraron en diferentes labores agronómicas, sumándose también las sugerencias del Ing. Luis Llerena Ramos en calidad de Director del Proyecto de Investigación. Además el Dr. Gregorio Vásquez acotó con lineamientos para la consecución de resultados de primera mano.

3.7.2 Recursos Materiales

- Machete
- Aspersora CP-3

- Pala
- Escarbadora
- Piola
- Latillas de caña
- Espeques
- Tachos de 20 litros
- Etiquetas para las muestras
- Fundas
- Estufa
- Molino

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Nitrógeno Perdido (Kg/Ha)

Los promedios de la tabla 2 corresponden al nitrógeno perdido (Kg/Ha). El análisis de varianza determinó significancia estadística en el nivel 0.05 para los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variación de 44.0%.

Al aplicarse el nitrógeno en fracciones del 40% a los 15 días y el 60% del requerimiento a los 45 días, las planta absorbieron mayor cantidad de nitrógeno con 192.4 Kg/Ha, en igualdad estadística con la aplicación de 100-0, 80-20 y 60-40% a los 15 y 45 días en su orden, con las que el cultivo optó por absorber entre 123.8 y 152.1 Kg/Ha, estadísticamente superior a los demás tratamientos que registraron una absorción de nitrógeno entre 49.7 y 51.9 Kg/Ha.

Tabla 2 Nitrógeno perdido (Kg/Ha) en el cultivo de maíz en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa.

Tratamientos	Perdida de nitrógeno (Kg/Ha) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	152.1 ab
T ₂ : 80 – 20 N	123.8 ab
T ₃ : 60 – 40 N	125.7 ab
T ₄ : 40 – 60 N	192.4 a
T ₅ : 20 – 80 N	51.9 b
T ₆ : 0 – 100 N	49.7 b
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	50.6 b
Promedio	106.6
Coeficiente de variación (%)	44.0
DMS	133.9
Significancia estadística ²	*

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² *: Significancia estadística en el nivel 0.05

Perdida de nitrógeno: Lixiviación, desnitrificación y volatilización

4.1.2 Nitrógeno Final (Kg/Ha)

La tabla 3 muestra los promedios de nitrógeno disponible en el suelo al final del cultivo. En base al análisis de varianza se determinó que los tratamientos no alcanzaron el nivel de significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 28.1 %.

La aplicación del total del nitrógeno a los 45 días de edad del cultivo registró mayor cantidad de nitrógeno disponible en el suelo al final del cultivo con 42.7 Kg/Ha, sin diferir estadísticamente de los demás tratamientos que presentaron valores entre 27.3 y 37.3 Kg de nitrógeno por hectárea disponible en el suelo.

Tabla 3 Nitrógeno final (Kg/Ha) en el cultivo de maíz en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa.

Tratamientos	Nitrógeno al final del cultivo (Kg/Ha) ¹
T₁: 100 – 0 N	33.3 a
T₂: 80 – 20 N	27.3 a
T₃: 60 – 40 N	30.0 a
T₄: 40 – 60 N	36.0 a
T₅: 20 – 80 N	34.7 a
T₆: 0 – 100 N	42.7 a
T₇: 0 – 0 N (Testigo)	37.3 a
Promedio	34.5
Coeficiente de variación (%)	28.1
DMS	27.7
Significancia estadística ²	NS

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.1.3 Altura de Planta a los 45 Días (cm)

En la tabla 4 se presentan los promedios correspondientes a la altura de plantas a los 45 días (cm). El análisis de varianza no determinó significancia estadística para los tratamientos en estudio, siendo 10.7% el coeficiente de variación.

Al aplicarse el 100% de la dosis recomendada en una sola fracción a los 15 días después de la siembra, se obtuvieron las plantas de mayor altura con 153.3 cm, en igualdad estadística con los demás tratamientos que registraron promedios entre 126.7 y 150.0 centímetros.

Tabla 4 Altura de plantas a los 45 días (cm) en el cultivo de maíz en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Altura de plantas (cm) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	153.3 a
T ₂ : 80 – 20 N	133.3 a
T ₃ : 60 – 40 N	143.3 a
T ₄ : 40 – 60 N	136.7 a
T ₅ : 20 – 80 N	150.0 a
T ₆ : 0 – 100 N	126.7 a
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	130.0 a
Promedio	139.0
Coeficiente de variación (%)	10.7
DMS	42.4
Significancia estadística ²	NS

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.1.4 Altura de Planta a los 100 Días (cm)

Los promedios de la tabla 5 corresponden a la altura de plantas a los 100 días. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos presentaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 4.9%.

La aplicación de la dosis recomendada de nitrógeno en su totalidad a los 15 días de edad del cultivo, se produjeron las plantas más altas con 190.0 cm, en igualdad estadística con la aplicación del nitrógeno en fracciones de 20-80% de la recomendación con 170.0 cm, estadísticamente superiores a los demás tratamientos que presentaron plantas con alturas entre 160.0 y 163.3 cm.

Tabla 5 Altura de plantas a los 100 días (cm) en el cultivo de maíz en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Altura de plantas (cm) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	190.0 a
T ₂ : 80 – 20 N	163.3 b
T ₃ : 60 – 40 N	163.3 b
T ₄ : 40 – 60 N	160.0 b
T ₅ : 20 – 80 N	170.0 ab
T ₆ : 0 – 100 N	163.3 b
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	160.0 b
Promedio	167.1
Coeficiente de variación (%)	4.9
DMS	23.3
Significancia estadística ²	**

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² **: Altamente significativo

4.1.5 Longitud de Mazorcas (cm)

En la tabla 6 se presentan los promedios correspondientes a la longitud de mazorcas (cm). El análisis de varianza reflejó alta significancia estadística para los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variación de 2.1%.

Las mazorcas de mayor longitud se obtuvieron al aplicar el 100% del nitrógeno a los 15 días con 15.9 cm, estadísticamente igual a la aplicaciones de 80-20 y 20-80 con 15.5 y 15.4 cm, respectivamente, superiores estadísticamente a los demás tratamientos que presentaron mazorcas con longitud entre 13.4 y 14.3 cm.

Tabla 6 Longitud de mazorcas de maíz (cm) en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Longitud de mazorcas (cm) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	15.9 a
T ₂ : 80 – 20 N	15.5 a
T ₃ : 60 – 40 N	14.3 b
T ₄ : 40 – 60 N	14.0 bc
T ₅ : 20 – 80 N	15.4 a
T ₆ : 0 – 100 N	14.2 bc
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	13.4 c
Promedio	14.7
Coeficiente de variación (%)	2.1
DMS	0.9
Significancia estadística ²	**

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.1.6 Diámetro de Mazorcas (cm)

Los promedios presentados en la tabla 7 corresponden al diámetro de mazorcas. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 1.3%.

El mayor diámetro de mazorcas se registró al aplicar toda la dosis de nitrógeno sin fraccionar a los 15 días de edad del cultivo con 4.9 cm, superior estadísticamente a los demás tratamientos que presentaron valores entre 4.3 y 4.5 cm.

Tabla 7 Diámetro de mazorcas de maíz (cm) en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Diámetro de mazorcas (cm) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	4.9 a
T ₂ : 80 – 20 N	4.5 b
T ₃ : 60 – 40 N	4.4 bc
T ₄ : 40 – 60 N	4.5 b
T ₅ : 20 – 80 N	4.5 b
T ₆ : 0 – 100 N	4.3 c
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	4.3 c
Promedio	4.5
Coeficiente de variación (%)	1.3
DMS	0.2
Significancia estadística ²	**

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.1.7 Peso de Mazorcas (g)

Los promedios correspondientes al peso de mazorcas (g), se presentan en la tabla 8. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos estudiados, siendo 0.2% su correspondiente coeficiente de variación.

Las mazorcas de mayor peso se cosecharon al aplicar toda la dosis de nitrógeno a los 15 días después de la siembra con 201.8 g, superior estadísticamente a los demás tratamientos que registraron valores entre 116.1 y 159.8 g.

Tabla 8 Peso de mazorcas de maíz (g) en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Peso de mazorcas (g) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	201.8 a
T ₂ : 80 – 20 N	148.1 c
T ₃ : 60 – 40 N	139.1 d
T ₄ : 40 – 60 N	138.7 d
T ₅ : 20 – 80 N	159.8 b
T ₆ : 0 – 100 N	125.1 e
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	116.1 f
Promedio	147.0
Coeficiente de variación (%)	0.2
DMS	0.8
Significancia estadística ²	**

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.1.8 Rendimiento Ajustado al 13% de Humedad (Kg/Ha)

En la tabla 9 se presentan los promedios correspondiente al rendimiento de grano de maíz ajustado al 13% de humedad. Con base al análisis de varianza se constató que los tratamientos presentaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 1.3%.

Con la aplicación del total de nitrógeno a los 15 días de edad del cultivo se obtuvo mayor rendimiento por hectárea con 8604.3 Kg, superior estadísticamente a los demás tratamientos que produjeron entre 4038.8 y 6364.4 Kg/Ha.

Tabla 9 Rendimiento de grano de maíz ajustado al 13% de humedad (Kg/Ha)
en el estudio de la lixiviación de nitrógeno en la época lluviosa

Tratamientos	Rendimiento (Kg/Ha) ¹
T ₁ : 100 – 0 N	8604.3 a
T ₂ : 80 – 20 N	5374.8 c
T ₃ : 60 – 40 N	5547.4 c
T ₄ : 40 – 60 N	4962.4 d
T ₅ : 20 – 80 N	6364.4 b
T ₆ : 0 – 100 N	3770.2 f
T ₇ : 0 – 0 N (Testigo)	4038.8 e
Promedio	5523.2
Coeficiente de variación (%)	1.3
DMS	211.0
Significancia estadística ²	**

¹ Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

² NS: No significativo

4.2 Discusión

La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo fue mayor al aplicarse el 40% del requerimiento a los 15 días de edad y el 60% restante a los 45 días después de la siembra, sobrepasando en 40.3 Kg/Ha a la aplicación del todo el requerimiento a los 15 días de edad, lo que demuestra que al aplicarse el nitrógeno fraccionado, las planta asimilan de mejor manera el nitrógeno aplicado, además la planta también extrajo nitrógeno del suelo (42.4 Kg/Ha) para mantener su desarrollo y crecimiento, respecto a este fenómeno, Melgar & Torres (s.f.), mencionan que la oferta del lote constituido por el nitrógeno en el suelo más el aportado por el fertilizante deber satisfacer las necesidad nutricionales del cultivo, lo cual se conoce como balance del nitrógeno, y al aportarse fertilizante debe fraccionarse a de acuerdo al desarrollo del cultivo , ya que la planta cuando tiene corta edad no demanda mucho nitrógeno, por lo que si se aplica demasiado nitrógeno además de correr el riesgo de quemar el cultivo, se estaría aplicando innecesariamente nitrógeno que no va a ser absorbido por éste, incrementando las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización. Además Torres (s.f) sostiene que por cada 70 Kg/Ha de urea se pierde aproximadamente un 10%, lo que es corroborado por D Oliveira *et al* (2000), que observó una alta extracción del nitrógeno por el cultivo y baja carga de lixiviación.

La cantidad de nitrógeno al final del cultivo fue mayor cuando se aplicó todo el nitrógeno a los 45 días de edad del cultivo (42.7 Kg/Ha), lo que evidencia que nitrógeno remanente en el suelo no fue absorbido en su totalidad, y se mantuvo en el suelo, comprobando que las aplicaciones eficiente y fraccionadas de los fertilizantes nitrogenados al cultivo son más eficiente y disminuyen las perdidas por lixiviación y volatilización en el cultivo, lo que es corroborado por Bernal (2004), quien indica que cuanto mayor es la dosis aplicación de nitrógeno en el cultivo, mayor en la cantidad que puede quedar de este en el suelo, luego de haber cosechado, por efecto de una aplicación ineficiente a las plantas.

A los 45 días de edad del cultivo no se observaron diferencia significativas en cuanto a la altura de plantas entre los tratamientos, registrando promedios entre 126.7 y 153.3 cm, lo que puede atribuir a una menor demanda de nitrógeno en los primeros días de edad del cultivo, por lo que hasta el testigo sin aplicación pudo nutrir a las plantas, lo que concuerda con Ramón (2014),

quien indica que el requerimiento nutricional del cultivo es menor cuando el cultivo está joven, además por coincidir este día con la segunda aplicación de urea, el efecto de esta no se vio reflejada inmediatamente en el cultivo.

Cuando el cultivo alcanzó los 100 días de edad, se observaron diferencia entre los tratamientos estudiados donde la aplicación de todo el requerimiento de nitrógeno a los 15 días superó en 20.0 cm a la aplicación del 20% a los 15 días y el 80% restante a los 45 días, de tal manera que el cultivo absorbió el nitrógeno que se concentró en el suelo para su crecimiento, lo que concuerda con Ramón (2014), que menciona que además del nitrógeno aplicado en forma de fertilizantes sintéticos, las plantas buscar absorber nitrógeno existente en el suelo, incluso trazas de fertilizantes existentes en el mismo.

La aplicación del total del nitrógeno en una sola aplicación los 15 días, produjo las mazorcas con mayor diámetro, longitud y peso, con 4.9 cm, 15.9 cm y 201.8 g, superando a los demás tratamientos, además estas características se deben considerar por estar relacionadas directamente con el rendimiento del cultivo, lo que refleja que este tratamiento dejó nitrógeno que se concentró en el suelo, el cual fue absorbido por el cultivo para su crecimiento y desarrollo, niveles que fueron absorbidos satisfactoriamente por las plantas, lo que concuerda con MIRAT (2006), que sostiene que cuando se aplica un ineficiente plan de nutrición de la planta, se manifiesta mediante una vegetación raquítica, maduración acelerada con presencia de frutos pequeños y de baja calidad como efecto de la inhibición de la formación de carbohidratos, y por ende bajas en el rendimiento.

Al aplicar todo el requerimiento del nitrógeno a los 15 días de edad del cultivo, se obtuvo mayor rendimiento, reflejando diferencia entre 2239.9 y 4565.5 Kg/Ha por encima de los demás tratamientos, siendo principalmente producto de la producción de mazorcas de mayor longitud, diámetro y peso, evidenciándose una absorción idónea del nitrógeno tanto aplicado como presente en el suelo, sin embargo se debe hacer más fraccionamientos a fin de aprovechar al máximo el nitrógeno aplicado al cultivo (Basantes, 2012).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base al análisis e interpretación de resultados puede sacar las siguientes conclusiones:

- La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo fue mayor al aplicarse el 40% del requerimiento a los 15 días de edad y el 60% restante a los 45 días después de la siembra, sobrepasando en 40.3 Kg/Ha a la aplicación del todo el requerimiento a los 15 días de edad.
- El total de nitrógeno al final del cultivo fue mayor cuando se aplicó todo el nitrógeno a los 45 días de edad del cultivo con 42.7 Kg/Ha, siendo consecuencia de que el nitrógeno remanente en el suelo no fue absorbido en su totalidad, y se mantuvo en el suelo.
- La altura de planta de los 45 días de edad del cultivo no se vio influenciada por los tratamientos estudiados, registrando promedios entre 126.7 y 153.3 cm.
- Cuando el cultivo alcanzó los 100 días de edad, se observaron diferencia entre los tratamientos estudiados donde la aplicación de todo el requerimiento de nitrógeno a los 15 días superó en 20.0 cm a la aplicación del 20% a los 15 días y el 80% restante a los 45 días.
- La aplicación del total del nitrógeno en una sola aplicación los 15 días, produjo las mazorcas con mayor diámetro, longitud y peso, con 4.9 cm, 15.9 cm y 201.8 g, superando a los demás tratamientos.
- Al aplicar todo el requerimiento del nitrógeno a los 15 días de edad del cultivo, se obtuvo mayor rendimiento, reflejando diferencia entre 2239.9 y 4565.5 Kg/Ha por encima de los demás tratamientos

5.2 Recomendaciones

- Fraccionar el requerimiento de nitrógeno a fin de garantizar una absorción óptima del nitrógeno aportado con los fertilizantes, favoreciendo el crecimiento y desarrollo del cultivo, garantizando la obtención de altos rendimientos.
- Realizar investigaciones sobre diferentes frecuencias de aplicación de fertilizantes nitrogenados para identificar la que favorezca del desarrollo y producción del cultivo de maíz.
- Incorporar los restos de cosecha al suelo a fin de aportar nutrientes contenidos en la biomasa del cultivo de ciclo anterior que pueden ser aprovechados y extraídos por las plantas como fuente de nutrimentos adicional a los fertilizantes aplicados.
- Complementar la fertilización edáfica con fertilizantes foliares que estimulen el crecimiento y producción del cultivo de maíz.
- Repetir el presente estudio en época seca con mayor dosis de nitrógeno puro para identificar el porcentaje de lixiviación de nitrógeno en dicha época.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía Citada

- Basantes, E. (2012). Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz var. Chillos, en un suelo franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador. 77 p.
- BASF. (s.f.). La nutrición de las plantas. Obtenido de www.basf.com/maiz
- Calero, E. (2006). El cultivo del maíz en el Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 36 p.
- Ciampitti, I., & García, F. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas . Revista Horizonte A 4 (18): 22-28 pp.
- De Oliveira, J., Reichardt, K., Bacchi, O., Timm, L., Dourado, D., Trivelin, P., Cássaro, F. (2000). Nitrogen Dynamics in a soil – sugar cane system. Scientia Agricola 57: 467–472 pp.
- Deras, H. (2014). Guía técnica: El cultivo de maíz. Obtenido de http://www.observatorioredsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/el_salvador_guiatecnica_maiz_2014.pdf
- Fernández, G., Lianne, G., & Fundora, G. (2010). Identificación de razas de maíz (*Zea mays* L.) presentes en el germoplasma Cubano. La Habana - Cuba: Editorial universitaria. 122 p.
- Ferraris, G. (2010). Pérdidas de nitrógeno por volatilización. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Perdidas-Nitrogeno-por-Volatilizacion.asp>
- García, F. (2004). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS/ PPI/PPIC. Acassuso – Argentina. 21 p.
- Gonzálvez, V., & Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Obtenido de <http://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- Hall, A. (2001). Crop Responses to Environment. CRC Press LLC. Boca Raton-United States. 232 p.

- INPOFOS. (2002). Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash and Phosphate Institute. Norcross-USA. 655 p.
- IPNI. (s.f.). Información sobre nutrientes en el cultivo de maíz. Obtenido de [https://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/05CF8009E74668240325780000738249/\\$file/14.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/05CF8009E74668240325780000738249/$file/14.pdf)
- IPNI. (s.f.). Lixiviación del nitrógeno , un tema de actualidad. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/7EF9ADAD40AD6536852580120072B1D7/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/7EF9ADAD40AD6536852580120072B1D7/$FILE/Art%205.pdf)
- Lafitte, H. (2001). Estrés abióticos que afectan al maíz. Obtenido de El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s12.htm>
- Legaz, F. (2005). Pérdidas de nitrógeno por lixiviación. Obtenido de http://www.ruena.csic.es/areas_perdidas.html
- Melgar, R., & Torres, M. (s.f.). Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en maíz de alta productividad. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/manejo%20de%20la%20fertilizacion%20en%20maiz.asp>
- Miliarium Aureum. (2004). Factores que afectan a la lixiviación. Obtenido de <http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Nitrato/FactoresLixviacion.asp>
- MIRAT. (2006). Fertilización: Nutrición vegetal. Obtenido de <http://www.mirat.com/fertilizantes/nutricion/macronutrientes/micronutrientes/htm>
- Orozco, J. (2010). Evaluación bioagronómica de una variedad y cinco híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) en el sector La Colombia, cantón Alausí. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 119 p.
- Ramón, J. (2014). Estudio comparativo de cinco niveles de nitrógeno usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz (*Zea mays* L.). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 102 p.

- Rodríguez, F. (2001). Fertilización y Nutrición Vegetal. Editorial A.G.T. México D.F-México. 407 p.
- SAGARPA. (s.f.). Uso de fertilizantes. Obtenido de [Uso%20de%20Fertilizantes.pdf](#)
- Sage, R., & Kubien, D. (2007). The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 30: 1086-1106 pp.
- Torres, M. (2016). Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>
- Totis, L. (2008). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz. En G. Eyhérbide, Bases para el manejo del cultivo de maíz. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Argentina. 7-24 pp.
- Tuárez, F. (2013). Importancia del Maíz. Obtenido de <http://www.importancia.org/maiz.php>
- Yepes, A., & Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global - Revisión. *Revista Colombia Forestal*, 14(2), 213-232 pp.
- Yzarra, W., Trebejo, I., & Noriega, V. (2006). Evaluación del efecto del clima en la producción y productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú. Lima-Perú. 90 p.
- Zambrano, J. (2009). Maíz duro en la zona central del Litoral, El Huerto. No-14. Quito - Ecuador. 8 p.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza de nitrógeno absorbido.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	57002.5800	28501.2900	12.98	0.0010 **
Tratamientos	6	58402.5924	9733.7654	4.43	0.0136 *
error	12	26342.8133	2195.2344		
Total	20	141747.9857			

**: Altamente significativo; *: Significativo

Anexo 2 Análisis de varianza de nitrógeno después del cultivo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	110.0952	55.0476	0.5860	0.5717 NS
Tratamientos	6	449.9048	74.9841	0.7982	0.5893 NS
error	12	1127.2381	93.9365		
Total	20	1687.2381			

NS: No Significativo

Anexo 3 Análisis de varianza de altura de plantas a los 45 días (cm)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	495.2381	247.6190	1.1264	0.3562 NS
Tratamientos	6	1847.6190	307.9365	1.4007	0.2910 NS
error	12	2638.0952	219.8413		
Total	20	4980.9524			

NS: No Significativo

Anexo 4 Análisis de varianza de altura de plantas a los 100 días (cm)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	1400.0000	700.0000	10.5000	0.0023 **
Tratamientos	6	2028.5714	338.0952	5.0714	0.0082 **
error	12	800.0000	66.6667		
Total	20	4228.5714			

**: Altamente Significativo

Anexo 5 Análisis de varianza de longitud de mazorcas (cm)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	9.1886	4.5943	48.4418	< 0.0001 **
Tratamientos	6	14.7362	2.4560	25.8962	< 0.0001 **
error	12	1.1381	0.0948		
Total	20	25.0629			

** : Altamente Significativo

Anexo 6 Análisis de varianza de diámetro de mazorcas (cm)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	0.1495	0.0748	20.4783	0.0001 **
Tratamientos	6	0.8248	0.1375	37.6522	< 0.0001 **
error	12	0.0438	0.0037		
Total	20	1.0181			

** : Altamente Significativo

Anexo 7 Análisis de varianza de peso de mazorcas (g)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	20.7267	10.3633	150.4355	< 0.0001 **
Tratamientos	6	14200.3990	2366.7332	34355.8041	< 0.0001 **
error	12	0.8267	0.0689		
Total	20	14221.9524			

** : Altamente Significativo

Anexo 8 Análisis de varianza de rendimiento de grano al 13% (Kg/ha)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calc.	p-valor
Repeticiones	2	51160.2124	25580.1062	4.6900	0.0312 *
Tratamientos	6	47443392.9590	7907232.1598	1450.8100	< 0.0001 **
error	12	65402.4410	5450.2034		
Total	20	47559955.6124			

** : Altamente significativo; * : Significativo



Anexo 9 Preparación del terreno



Anexo 10 Delimitación del terreno



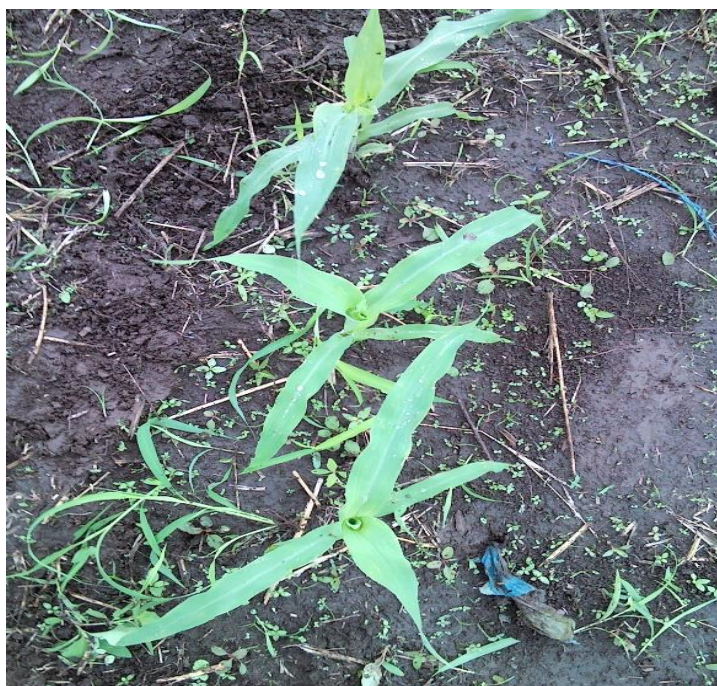
Anexo 11 Toma de muestras de suelo antes del cultivo



Anexo 12 Siembra de maíz con espeque



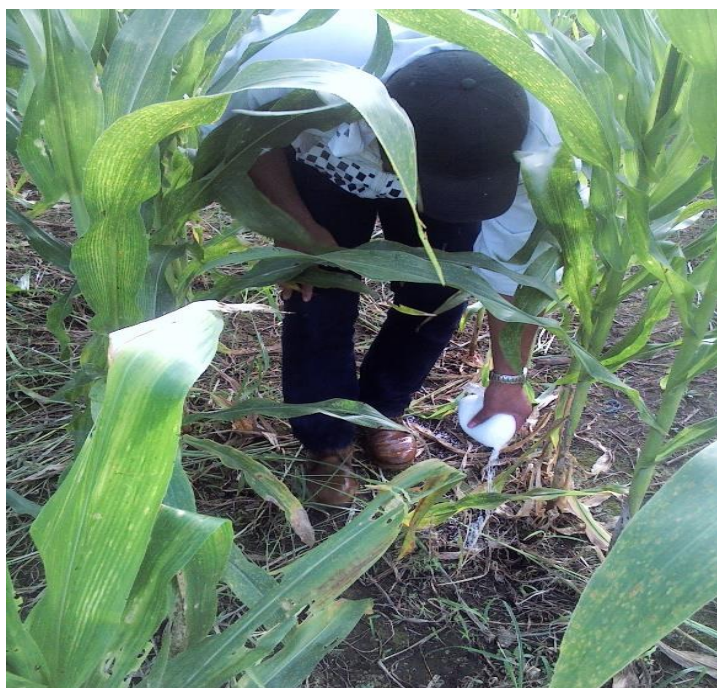
Anexo 13 Plantas de maíz a los dos días después de la germinación.



Anexo 14 Plantas de maíz a los 10 después de la siembra



Anexo 15 Plantas de maíz a los 30 después de la siembra



Anexo 16 Fertilización del cultivo de maíz



Anexo 17 Evaluación de altura de plantas de maíz a los 45 días después de la siembra.



Anexo 18 Evaluación del diámetro de mazorcas (cm)



Anexo 19 Evaluación de la longitud de mazorcas (cm)



Anexo 20 Evaluación del peso de mazorcas (cm)



Anexo 21 Separación de las mazorcas por cada tratamiento para la evaluación del rendimiento.



Anexo 22 Toma de muestras de suelo después del cultivo.

Anexo 23 Análisis de porcentaje de materia seca por cada tratamiento

	
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"	
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS	
Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme	
Quevedo - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201	
Nombre del Propietario :	Carlos Velásquez
Nombre de la Propiedad :	Finca La María
Localización :	Quevedo
	Cantón
	Provincia
	Parroquia
	Telef :
	Cultivo : Maíz
	Los Ríos
	Reporte N° : 724
	Fecha de muestreo : 20/07/2016
	Fecha de ingreso: 20/07/2016
	Fecha salida resultados: 03-08-2016

RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Materia Seca	Proteína	Concentración %						ppm				
				Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
58268	Tratamiento 1	56												
58269	Tratamiento 2	62												
58270	Tratamiento 3	60												
58271	Tratamiento 4	68												
58272	Tratamiento 5	64												
58273	Tratamiento 6	78												
58274	Tratamiento 7	74												

Observaciones: -----


Ing. Francisco Mite
JEFE DEPARTAMENTO




LABORATORISTA

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses, tiempo en el que se reportarán resultados en los resultados.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO				
Nombre	: Velasquez Carlos Sr.			
Dirección	: Mocache			
Ciudad	: Mocache			
Teléfono	:			
Fax	:			

DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre	: Finca La María			
Provincia	: Los Ríos			
Cantón	: Mocache			
Parroquia	:			
Ubicación	:			

PARA USO DEL LABORATORIO				
Cultivo	: MAIZ			
Nº de Reporte	: 507			
Fecha de Muestreo	: 30/05/2016			
Fecha de Ingreso	: 30/05/2016			
Fecha de Salida	: 07/06/2016			

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)										(ppm)				
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na	
57580	T1		1,5 D	0,29 A	2,95 A	0,62 A	0,21 A										
57581	T2		1,7 D	0,34 A	3,17 E	0,62 A	0,22 A										
57582	T3		1,5 D	0,26 A	2,65 A	0,61 A	0,22 A										
57583	T4		1,6 D	0,31 A	3,08 E	0,66 A	0,25 A										
57584	T5		1,6 D	0,27 A	2,83 A	0,61 A	0,26 A										
57585	T6		1,7 D	0,28 A	2,23 A	0,64 A	0,22 A										
57586	T7		2,6 D	0,32 A	3,58 E	0,61 A	0,81 A										

La muestra será guardada en el Laboratorio, por tres meses, tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

INTERPRETACION
 D = Deficiente
 A = Adecuado
 E = Excesivo



[Signature]

RESPONSABLE LABORATORIO

[Signature]
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Carlos Velásquez Mendoza
 Dirección : km 35 vía a Santo Domingo
 Ciudad :
 Teléfono : 0969560543
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Km 1/2 Vía a Mocache

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Maíz
 N° Reporte : 757
 Fecha de Muestreo : 17/02/2016
 Fecha de Ingreso : 17/02/2016
 Fecha de Salida : 02/03/2016

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm				
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
78223	Muestra 1		5,8 MeAc	34 M	13 M	0.80 A	10 A	1.3 M	6 B	3.7 M	9.2 A	119 A	7.0 M	0.31 B

INTERPRETACION									
pH		Liger. Acido		Lige. Alcalino		RC = Requiere Cal		Elementos de N a B	
MAc = Muy Acido	LAc = Acido	PN = Prac. Neutro	N = Neutro	MeAl = Media. Alcalino	Al = Alcalino			B = Bajo	M = Medio
								A = Alto	

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
N,P,B	= Colorimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	B,S
S	= Turbidimetria		
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica		

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : Carlos Velásquez Mendoza
Dirección : km 35 vía a Santo Domingo
Ciudad :
Teléfono : 0969560543
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : La Maria
Provincia : Los Ríos
Cantón : Mocache
Parroquia :
Ubicación : Km 1/2 Vía a Mocache

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : Maíz
Nº de Reporte : 757
Fecha de Muestreo : 17/02/2016
Fecha de Ingreso : 17/02/2016
Fecha de Salida : 02/03/2016

Nº Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m		(%)		ppm		Textura (%)	
	Al+H	Al	Na	C.E.		M.O.		RAS	CI	Arena Lino Arcilla	Clase Textural
78223						0,8	B			39 46 15	Franco

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	M.O. y CI = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

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

METODOLOGIA USADA			
C.E.	=	Conductímetro	
M.O.	=	Titulación de Winkley Black	
Al+H	=	Titulación con NaOH	

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Velásquez Mendoza Carlos
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La María

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Maíz.
 N° Reporte : 0610
 Fecha de Muestreo : 24/06/2016
 Fecha de Ingreso : 24/06/2016
 Fecha de Salida : 12/07/2016

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
79219	Muestra T1 RI		5,7 MeAc	18 B	13 M	0,83 A	9 A	1,3 M						
79220	Muestra T2 RI		5,7 MeAc	11 B	5 B	0,64 A	9 A	1,0 M						
79221	Muestra T3 RI		5,7 MeAc	12 B	9 B	0,93 A	10 A	1,1 M						
79222	Muestra T4 RI		5,6 MeAc	13 B	7 B	0,52 A	9 A	1,1 M						
79223	Muestra T5 RI		5,6 MeAc	18 B	13 M	0,62 A	9 A	1,4 M						
79224	Muestra T6 RI		5,6 MeAc	21 M	6 B	0,85 A	9 A	1,1 M						
79225	Muestra T7 RI		5,7 MeAc	22 M	9 B	0,74 A	9 A	1,1 M						
79226	Muestra T1 RII		5,6 MeAc	18 B	6 B	0,69 A	8 M	1,0 M						
79227	Muestra T2 RII		5,7 MeAc	16 B	11 M	0,80 A	9 A	1,1 M						
79228	Muestra T3 RII		5,6 MeAc	17 B	10 M	0,78 A	9 A	1,1 M						
79229	Muestra T4 RII		5,5 Ac RC	16 B	10 M	0,68 A	9 A	1,1 M						
79230	Muestra T5 RII		5,6 MeAc	13 B	7 B	1,00 A	10 A	1,1 M						
79231	Muestra T6 RII		5,7 MeAc	14 B	10 M	1,13 A	9 A	1,2 M						

INTERPRETACION				ELEMENTOS: de N a B			
MAC = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	PN = Prac. Neutro	N = Neutro	RC = Requiere Cal	B = Bajo	M = Medio	A = Alto
Ac = Acido	MeAl = Media. Alcalino	Al = Alcalino					
MeAc = Media. Acido							

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
N,P,B	= Colorimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	B,S
S	= Turbidimetria		
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica		



X. Vel. Velásquez
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

+ Quevedo
RESPONSABLE LABORATORIO
 La muestra será guardada en el Laboratorio, después de mes, tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

Anexo 28 Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 2 de 4)

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Velásquez Mendoza Carlos
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :
DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La María
PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Maíz
 N° Reporte : 0610
 Fecha de Muestreo : 24/06/2016
 Fecha de Ingreso : 24/06/2016
 Fecha de Salida : 12/07/2016

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Velásquez Mendoza Carlos
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :
DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La María
PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Maíz
 N° Reporte : 0610
 Fecha de Muestreo : 24/06/2016
 Fecha de Ingreso : 24/06/2016
 Fecha de Salida : 12/07/2016

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Velásquez Mendoza Carlos
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :
DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La María
PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Maíz
 N° Reporte : 0610
 Fecha de Muestreo : 24/06/2016
 Fecha de Ingreso : 24/06/2016
 Fecha de Salida : 12/07/2016

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		ppm		meq/100ml		ppm			
	Identificación	Area	pH	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn
79232	Muestra T7 RII		5,6 MeAc	21 M	14 M	1,03 A	9 A	1,3 M		
79233	Muestra T1 RIII		5,8 MeAc	14 B	7 B	0,51 A	9 A	1,2 M		
79234	Muestra T2 RIII		5,9 MeAc	14 B	4 B	0,58 A	8 M	0,8 B		
79235	Muestra T3 RIII		5,8 MeAc	16 B	6 B	0,73 A	11 A	1,4 M		
79236	Muestra T4 RIII		5,7 MeAc	25 M	9 B	1,22 A	10 A	1,4 M		
79237	Muestra T5 RIII		5,8 MeAc	21 M	10 M	1,21 A	10 A	1,5 M		
79238	Muestra T6 RIII		5,5 Ac	29 M	14 M	0,72 A	8 M	1,0 M		
79239	Muestra T7 RIII		5,8 MeAc	13 B	14 M	0,89 A	9 A	1,4 M		



INTERPRETACION				Elementos: de N a B	
pH					
Mac = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAI = Media. Alcalino		M = Medio	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	AI = Alcalino		A = Alto	

La muestra será guardada en el Laboratorio, por tres meses, tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador. Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Velásquez Mendoza Carlos
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : La María
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La María

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : Maíz
 N° de Reporte : 0610
 Fecha de Muestreo : 24/06/2016
 Fecha de Ingreso : 24/06/2016
 Fecha de Salida : 12/07/2016

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)		Ca	Ca+Mg		meq/100ml	(meq/l) ^{1/2}	ppm	Textura (%)		Clase Textural
	Al+H	Al	Na		M.O.	Mg		K	Arena				Limo Arcilla		
79219							6,9	1,57	12,41	11,13					
79220							9,0	1,56	15,63	10,64					
79221							9,0	1,18	11,94	12,03					
79222							8,1	2,12	19,42	10,62					
79223							6,4	2,26	16,77	11,02					
79224							8,1	1,29	11,88	10,95					
79225							8,1	1,49	13,65	10,84					
79226							8,0	1,45	13,04	9,69					
79227							8,1	1,38	12,63	10,90					
79228							8,1	1,41	12,95	10,88					
79229							8,1	1,62	14,85	10,78					
79230							9,0	1,10	11,10	12,10					
79231							7,5	1,06	9,03	11,33					
79232							6,9	1,26	10,00	11,33					

INTERPRETACION			ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl		
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	C.E. = Conductividad Eléctrica	C.E. = Conductímetro
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	= Materia Orgánica	M.O. = Titulación de Welkley Black
T = Tóxico			A = Alto	= Relación de Adsorción de Sodio	Al+H = Titulación con NaOH

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO
 por tres meses, tiempo en el que se aceptarán
 reclamos en los resultados



Anexo 30 Análisis de suelo por parcela al final del cultivo (hoja 4 de 4)

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Velásquez Mendoza Carlos	Nombre	: La María	Cultivo Actual	: Maíz
Dirección	:	Provincia	: Los Ríos	Nº de Reporte	: 0610
Ciudad	: Quevedo	Cantón	: Mocache	Fecha de Muestreo	: 24/06/2016
Teléfono	:	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 24/06/2016
Fax	:	Ubicación	: Sitio La María	Fecha de Salida	: 12/07/2016

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m		ppm		Textura (%)	
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Ca	Mg	Arena	Limo Arcilla
79233						7,5	2,35		
79234						10,0	1,38		
79235						7,8	1,92		
79236						7,1	1,15		
79237						6,6	1,24		
79238						8,0	1,39		
79239						6,4	1,57		



METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Welkley Black
Al+H	= Titulación con NaOH

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

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

RESPONSABLE LABORATORIO

La muestra será guardada en el Laboratorio, por tres meses, tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS