

# UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO



## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
AGROPECUARIAS

### TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS**

### TEMA:

**“ESTUDIO ECONÓMICO SOBRE ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN DE  
UREA PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE  
MAÍZ (INIAP H-553) ZONA QUEVEDO”**

### AUTORES:

Mayra Alejandra Barco Cepeda

Jorge Alberto Cabrera Rodríguez

### DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Ms. Francisco Mite Vivar

**QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR**

**JULIO 2011**

**LA PRESENTE INVESTIGACION FUE FINANCIADA POR**

**LA SIGUIENTE INSTITUCIÓN:**



**INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**  
**AGROPECUARIAS**

**TESIS DE GRADO:**

**“ESTUDIO ECONÓMICO SOBRE ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN DE UREA PARA DISMINUIR PÉRDIDAS DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (INIAP H-553) ZONA QUEVEDO”**

**Presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias,  
como requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS**

**APROBADA POR EL TRIBUNAL:**

**Ing. Carlos Cortez Bedón**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Ing. Freddy Amores Puyataxi**  
**MIEMBRO**

**Ing. Ignacio Sotomayor Herrera**  
**MIEMBRO**

**QUEVEDO-ECUADOR, Julio/ 2011**

La responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones presentadas en esta Tesis, pertenecen exclusivamente a los autores.

---

MAYRA ALEJANDRA BARCO CEPEDA

---

JORGE ALBERTO CABRERA RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**CERTIFICACIÓN**

Ing. M.Sc. Francisco Mite Vivar, Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de director de Tesis de Grado cuyo tema es “Estudio económico sobre alternativas de aplicación de urea para disminuir

pérdidas de Nitrógeno en el cultivo de maíz (INIAP H-553), Zona Quevedo” realizada por los señores Mayra Alejandra Barco Cepeda y Jorge Alberto Cabrera Rodríguez, para optar por el Título de Ingenieros en Administración de Empresas Agropecuarias, doy Fé que el presente trabajo de investigación ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

**Ing. M.Sc. Francisco Mite Vivar**  
**DIRECTOR DE TESIS**

**Quevedo, 19 de Julio del 2011**

## DEDICATORIA

“El secreto de mi gran éxito, fue rodearme de personas mejores que yo” **Andrew Carnegie.**

Dedico este trabajo exitoso a nuestro Padre Celestial y a su hijo Jesucristo por ayudarme y guiarme a tener paciencia y perseverancia para culminar mis estudios.

A mi padre (+) el Sr. Hugo Barco aunque no esté físicamente conmigo, me animó a continuar con mis estudios y por su apoyo incondicional cuando estuvo viviendo a mi lado, a mi esposo el Ing. Moisés Santi Loor, a mi hijo Frederick Santi Barco, por su amor y comprensión que constantemente me profesan. A mí amada Madre la Sra. Narcisa Cepeda siempre ha sido padre y madre para mí luchando por mi bienestar guiándome por senderos del bien a mis hermanas y sobrinos por motivarme a perseverar en mis estudios y a culminar mi tesis.

*Mayra Alejandra*

Lo que soy se lo debo al afecto de aquellos que creen en mí, mis días de existencia ocurren gracias a su cariño, es a ellos que va dedicado este trabajo mis padres y mis hermanos que tanto amo.

En especial a mi querida prima Evelyn (+), fuente de mi inspiración, lamentablemente no te pude decir adiós, te llevaré en mi corazón toda mi vida.....

*Jorge Alberto*

## AGRADECIMIENTOS

Los autores dejan constancia de sus más sinceros agradecimientos y el debido reconocimiento a todas aquellas personas e Instituciones que de una manera directa o indirecta contribuyeron a que el presente trabajo llegue a su culminación.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) al actual Decano de la Facultad el Ing. Agr. Félix Valverde.

A la Escuela de Ingeniería en Administración de Empresas agropecuarias a la actual Directora Ing. Paula Plaza.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), dirigida por el Ing. Agr. M.Sc. José Villacís.

Al Ing. Agr. Francisco Mite V. M.Sc. Líder Nacional del Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas (DNMSA) y Director de tesis en la E.E.T. Pichilingue, quién nos brindó la oportunidad de realizar este trabajo de tesis en el Departamento que dirige, por su apoyo profesional como técnico y amigo.

A los Técnicos del Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, como lo son los Ings. Wuellins Durango, Braulio Lahuathe y Jéssica Cargua, que con su ayuda incondicional pudimos culminar con esta investigación y a todo el personal de laboratorio quienes contribuyeron en la realización de los análisis químicos: Betty, Maira, Virginia, Katiuska, Greta, Ligia.

Al Economista Flavio Ramos, Docente de Diseño Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias quien nos brindó su apoyo y conocimiento.

A los Ings M.Sc. Carlos Cortez, Ignacio Sotomayor y Freddy Amores, miembros del tribunal de tesis, por sus sugerencias profesionales emitidas para la culminación de este trabajo.

A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por brindarnos sus conocimientos y hacernos profesionales de bien.

A nuestros compañeros de clases que siempre estuvieron con nosotros como amigos compartiendo los mejores momentos en las aulas.

***Mayra Alejandra***

“Hay grandes hombres que hacen a los demás sentirse pequeños. Pero la verdadera grandeza consiste en hacer que todos se sientan grandes”

**Charles Dickens**

Dejo constancia de mi gratitud a las siguientes personas:

Al Lcdo. Federico Santi, Lcda. Narcisa Loor e hijos Franklin, Alex, Johnny y Edwin por su apoyo y palabras de aliento que siempre estuvieron presentes.

Al Sub-oficial Washington Gaibor, esposa Lcda. María Bravo e hijos Manolo y Washington por su amistad y ese apoyo moral en el transcurso del proyecto.

A la familia Cepeda Morante por todas sus palabras de motivaciones y amor para mí.

A mi amigo y compañero de clases y de tesis Jorge Cabrera por todo lo que vivimos durante nuestra vida estudiantil y el periodo de nuestro proyecto apoyándonos mutuamente y confiando en nosotros mismos.

A la Ing. Sandra Muñoz mis más sincero agradecimientos por su apoyo incondicional cuando más lo necesite, que supo guiarnos por el camino correcto en el transcurso de este proyecto.

Y a quienes con su apoyo incondicional afianzaron en mí la certeza de finalizar mi tesis de grado. Gracias!

*Jorge Alberto*

A Dios, por darme la fuerza necesaria y estar a mi lado en todo momento para seguir adelante luchando toda la vida.

A mis queridos padres Jorge Luis y Blanca ya que gracias a ellos soy quien soy ahora.

A mis hermanos Katty y Miguel Ángel los cuales han estado a mi lado, compartiendo todos esos secretos y aventuras que solo se puede vivir entre hermanos.

A mí amada y recordada prima Evelyn (+) que fue una de mis motivaciones.

A mi compañera Mayra por su apoyo y su amistad durante este proyecto.

En fin a todos aquellos que apoyaron sinceramente para poder llegar a este logro.

## TABLA DE CONTENIDO

	Págs.
Portada.....	i
Fuente de Financiamiento.....	ii
Hoja de sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	iii
Hoja de responsabilidad de los autores.....	iv
Informe de aprobación del director de tesis.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	x
Lista de cuadros.....	xiii
Lista de gráficos.....	xiv
Lista de anexos.....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
A. Antecedentes.....	1
B. Definición del Problema.....	2
C. Justificación.....	3
D. Objetivos.....	3
1. General.....	3
2. Específicos.....	3
E. Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
A. Suelo para siembra de maíz.....	5
B. Distancias de siembra.....	5
C. Necesidades climáticas.....	5
D. Necesidades nutricionales.....	6
E. Eficiencia de nitrógeno.....	6
F. Fertilización.....	8
1. Fertilización Nitrogenada.....	9
2. Fertilización superficial.....	10
G. Importancia de nitrógeno en el cultivo de maíz.....	11
1. Criterio de balance de nitrógeno para determinar las necesidades de fertilización.....	11
2. Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada.....	11
3. Nitrógeno del fertilizante.....	11
H. Otro tipo de fertilización.....	13
1. Vinaza.....	13
2. Beneficios de la vinaza.....	14
3. Zeolita.....	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
A. Ubicación de la investigación.....	16
B. Características Climáticas y Edafológicas.....	16
C. Factores de estudios.....	16
D. Tratamientos en estudio.....	17
E. Diseño experimental.....	17

F. Manejo del experimento.....	18
G. Variables Evaluadas.....	19
1. Datos de Fertilidad y nutricionales.....	19
a. Muestreo de Suelos.....	19
b. Muestreo de tejidos.....	19
2. Datos Agronómicos.....	19
a. Antes de la cosecha.....	19
1. Altura de planta a la espiga.....	19
2. Porcentaje de plantas acamadas.....	19
3. Altura inserción de mazorca.....	20
4. Eficiencia de nitrógeno.....	20
b. Después de la cosecha.....	21
1. Porcentaje de mazorca sanas.....	21
2. Porcentaje de mazorca podridas.....	21
3. Porcentaje de mazorca mal polinizadas.....	21
4. Longitud de mazorca.....	21
5. Diámetro de mazorca.....	21
6. Número de hileras por mazorca.....	22
7. Peso grano por mazorca.....	22
8. Peso de tuza.....	22
9. Rendimiento de grano.....	22
10. Análisis económico.....	22
11. Análisis de presupuesto parcial.....	23
12. Análisis de Dominancia.....	23
13. Análisis marginal.....	23
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
A. Antes de la cosecha.....	25
1. Altura de planta a la espiga.....	25
2. Porcentaje de plantas acamadas.....	26
3. Altura inserción de mazorca.....	28
4. Eficiencia de nitrógeno.....	29
B. Después de la cosecha.....	30
1. Porcentaje de mazorca sanas.....	30
2. Porcentaje de mazorca podridas.....	32
3. Porcentaje de mazorca mal polinizadas.....	33
4. Longitud de mazorca.....	35
5. Diámetro de mazorca.....	36
6. Número de hileras por mazorca.....	38
7. Peso grano por mazorca.....	39
8. Peso de tuza.....	40
9. Rendimiento de grano.....	42
10. Extracción de nitrógeno.....	43
11. Análisis económico para alternativas de aplicación de N.....	45
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
A. Conclusiones.....	48

B. Recomendaciones.....	49
<b>VII. RESUMEN.....</b>	<b>50</b>
<b>VIII. SUMMARY.....</b>	<b>52</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>54</b>
<b>X. ANEXO</b>	

## LISTA DE CUADROS

**Cuadro 1.** Características edáficas y climáticas del lugar del ensayo.

**Cuadro 2.** Tratamientos y formas de aplicación.

**Cuadro 3.** Esquema del análisis de varianza (ADEVA).

**Cuadro 4.** Cálculo de eficiencia del N.

**Cuadro 5.** Promedios de altura de planta a la espiga del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 6.** Promedios de porcentaje de plantas acamadas híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET – Pichilingue, 2010.

**Cuadro 7.** Promedios de altura de inserción de mazorca híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 8.** Promedios de porcentaje de mazorcas sanas en el híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 9.** Promedios de porcentaje de mazorca podrida híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 10.** Promedios de porcentaje de mazorcas mal polinizadas del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 11.** Promedios de longitud mazorca híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 12.** Promedios del diámetro de mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 13.** Promedios del número de hileras por mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 14.** Promedios del peso de granos por mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 15.** Promedios del peso de tuza del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 16.** Promedios de rendimiento del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 17.** Extracción de Nitrógeno del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

**Cuadro 18.** Análisis Marginal de los tratamientos no Dominados evaluados bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno en la EET – Pichilingue, 2010.

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable altura de planta a la espiga.

**Gráfico 2.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable plantas acamadas.

**Gráfico 3.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable altura inserción de mazorca.

**Gráfico 4.** Eficiencia aparente de recuperación de N en los diferentes tratamientos utilizados en este trabajo de investigación.

**Gráfico 5.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas sanas

**Gráfico 6.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas podridas.

**Gráfico 7.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas mal polinizada.

**Gráfico 8.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable longitud de mazorca.

**Gráfico 9.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable diámetro de mazorca.

**Gráfico 10.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable número de hilera por mazorca.

**Gráfico 11.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable peso de grano por mazorca.

**Gráfico 12.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable peso tuza.

**Gráfico 13.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable de Rendimiento.

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo 1.** Productividad parcial del N.

**Anexo 2.** Resultados Productividad parcial del N.

**Anexo 3.** Eficiencia agronómica de N aplicado.

**Anexo 4.** Resultados Eficiencia agronómica de N aplicado.

**Anexo 5.** Balance de parcial de N (relación de remoción a uso de N).

**Anexo 6.** Resultados Balance de parcial de N (relación de remoción a uso de N).

**Anexo 7.** Presupuesto Parcial de los tratamientos sobre los costos de fertilizantes de aplicación, cosecha y transporte.

**Anexo 8.** Análisis de Dominancia.

**Anexo 9.** Siembra, con densidad de 80000 plantas ha<sup>-1</sup>

**Anexo 10.** Siembra 2 semillas por sitio.

**Anexo 11.** Vista general del ensayo e identificación de parcelas.

**Anexo 12.** Cultivo a los 15 días.

**Anexo 13.** Fertilización urea en banda.

**Anexo 14.** Fertilización urea espeque.

**Anexo15.** Fertilización UREA + zeolita.

**Anexo 16.** Comparación urea y urea + zeolita.

**Anexo 17.** Fertilización urea + vinaza superficial.

**Anexo 18.** Aplicación urea + vinaza superficial.

**Anexo 19.** Fertilización urea + vinaza inyección.

**Anexo 20.** Fertilización urea inyección.

**Anexo 21.** Control fitosanitario.

**Anexo 22.** Aplicación de cebo.

**Anexo 23.** 1 Testigo absoluto. Plantas mostrando deficiencia típica de N.

.

**Anexo 24.** Ensayo establecido.

**Anexo 25.** Toma de datos.

**Anexo 26.** Toma de datos antes de la cosecha.

**Anexo 27.** Toma de datos a la Cosecha.

**Anexo 28.** Vista general de las parcelas cosechadas.

**Anexo 29.** Producto cosechado de uno de los tratamientos.

**Anexo 30.** Diámetro de la mazorca.

**Anexo 31.** Longitud de la mazorca

**Anexo 32.** Pesado del grano antes del secado.

**Anexo 33.** Secado de las muestras para el análisis de extracción de N.

**Anexo 34.** Croquis de campo mostrando la distribución de los Tratamientos

## I. INTRODUCCIÓN

### A. ANTECEDENTES

El maíz (*Zea mays*) es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total provienen de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia. Constituye también la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal, muy en particular a la avicultura comercial, que es una de las actividades más dinámicas del sector agropecuario (**Wikipedia, 2001**).

Históricamente en el país se ha manejado la cifra de 250.000 ha sembradas, aproximadamente. En el año 2009 se reportaron 214.000 ha sembradas; lamentablemente el hectáreaaje tiene tendencia a la baja por lo que se estimó que para el año 2009 se sembrarían solo 153.000 ha, 50% en la provincia de Los Ríos, 40% en Manabí y el resto en Guayas de los cuales el 90% de la siembra de maíz tiene lugar en la época lluviosa. En la época seca se sembraron 16.000 has con un promedio más bajo de lo normal, que llegó a 1,82 toneladas ha<sup>-1</sup> (**SICA, 2009**).

El cultivo de maíz producido convencionalmente tiene un costo de producción de 533,67 USD y genera un ingreso de 900 USD, lo cual representa una rentabilidad de 68,64%; mientras que, cuando se lleva el cultivo de forma orgánica el costo de producción es de 824,24 USD y el ingreso es de 1.350 USD, lo que representa una rentabilidad de 63,78 por ciento.

La producción del año 2009 fue de 382.000 toneladas métricas registradas en la bolsa, en lo que va del año en curso se contabilizan 490.000 toneladas. El panorama para el sector maicero se presenta excelente, tanto así que el agricultor se puede dar el lujo de sembrar todo lo que quiera. El potencial de Ecuador es 2'800.000 toneladas al año. Con esa

cantidad se podría atender la demanda nacional, así como la de Colombia y Perú que tienen un déficit de producción de 1'800.000 toneladas al año.

El sistema de comercialización en el Ecuador es bien detallado y complejo respecto al maíz duro que en promedio interesa alrededor de un 75% de la producción bruta, siendo la diferencia repartida entre pérdidas físicas, retención por semilla y autoconsumo. Las pérdidas físicas se establecen luego de la cosecha, debido a diferentes factores, especialmente relacionados con el manejo del producto (**Acosta y Del Salto, 1998**).

Según estimaciones de los organismos competentes, las pérdidas físicas son iguales en promedio a un 10% de la producción bruta. La retención de producto por semilla, es medianamente de 36 kg ha<sup>-1</sup>, lo que representa aproximadamente un 3 a 4% de la producción bruta. En la actualidad un alto porcentaje de maíz amarillo es consumido por el sector avícola, pero en los últimos años se ha manifestado un notable desarrollo de la actividad industrial alimenticia.

En lo que se refiere a los tipos de mercados se pueden identificar los mercados locales, ubicados en las zonas de producción, mercados intermedios o de tránsito y mercados de materias primas agrícolas para el uso industrial (**Acosta y Del Salto, 1998**).

El maíz duro se cultiva en extensas zonas del Litoral y parte de la Sierra y Oriente. La región Litoral es la de mayor producción al aportar el 67.5% del total nacional. Las zonas de mayor producción se concentran en las provincias de Manabí, Los Ríos, y Guayas con un 21.5% promedio. Sin embargo, la zona de mayor desarrollo y uso de tecnología se ubica en la parte meridional y central de la Cuenca Alta del Río Guayas, que comprende las áreas Buena Fé, Quevedo, Valencia, San Carlos, Mocache, Zapotal, Ventanas, El Empalme y Balzar.

## **B. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La pérdida de nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH<sub>3</sub>) 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, dosis y localización del fertilizante.

## **C. JUSTIFICACIÓN**

El nutriente más empleado para fertilizar el cultivo del maíz en el mundo es el nitrógeno ya que es muy clara su influencia sobre los rendimientos. Este elemento debido a su inestabilidad química tiende a perderse en grandes cantidades, ya que se han reportado pérdidas de hasta el 60% por mal manejo de las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados.

Por lo tanto, el mejoramiento de la eficiencia del uso de nitrógeno permitiría reducir las pérdidas al momento de la fertilización, logrando que la planta asimile mejor lo que necesita, ya que es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento de este cultivo. 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. Por esta razón, existe la necesidad de incrementar la eficiencia de uso para lograr una mejora en la economía de los productores de maíz.

## **D. OBJETIVOS**

### **1. General**

➤ Evaluar la respuesta de diferentes alternativas de aplicación de urea sobre el rendimiento y desarrollo del maíz INIAP H-553.

### **2. Específicos**

- Determinar el uso y la eficiencia de nitrógeno.
- Conocer la mejor alternativa de aplicación de urea.
- Realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos.

## **E. HIPÓTESIS**

La pérdida de nitrógeno al momento de la fertilización influye sobre su eficiencia de uso y se corta el rendimiento de la producción, aumentando los costos y disminuyendo rentabilidad para agricultor.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. Suelo para siembra de maíz

Este cultivo prospera en muchos tipos de suelos, los más adecuados son los francos, profundos y bien drenados, no soporta encharcamientos. Los suelos francos permiten un buen desarrollo del sistema radical, aprovechando mejor la absorción de la humedad y los nutrientes y los suelos arenosos necesitan mayor humedad y elementos nutritivos. El pH puede variar entre 5,5 a 7,5 (**Calero, 2006**).

### B. Distancias de siembra

Una distribución entre plantas de las distancias impacta positivamente en el rendimiento del lote, mientras que una distribución desuniforme afecta negativamente al mismo al generarse situaciones de alta competencia entre plantas cercanas. Establecer el grado de irregularidad en la distancia entre plantas en la línea de siembra, será un trabajo necesario para mejorar la calidad de la siembra y del rendimiento del cultivo. Su determinación permitirá iniciar la exploración de las causas que generaron dicha distribución y se podrá corregir los defectos (**GARGICEVICH, 2004**).

### C. Necesidades climáticas

La temperatura y la luminosidad influyen directamente sobre el período vegetativo es así que temperaturas inferiores a 13 °C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy reducido y temperaturas mayores de 29 °C ocasionan marchitez y muerte de la planta por la dificultad para absorber agua en su ciclo vegetativo. Los requerimientos hídricos son de 600-800 mm<sup>3</sup>, no debe faltarle agua durante la germinación y la floración y que en esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua o sea, 15 días antes del espigamiento hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Unos días de déficit de agua, durante este periodo reducen la producción en 22% y de 6-8 días de sequía hasta un 50% (**Terranova, 1995**).

#### **D. Necesidades nutricionales**

El grano de maíz seco está constituido por el 1,76% de N; 0,95% de  $P_2O_5$  y 0,52% de  $K_2O$ ; y sus cenizas por 0,4% de  $K_2O$ , 0,43% de  $P_2O_5$ , 0,16%  $MgO$  y 0,14% de  $SO_2$ , de ahí que la planta para un desarrollo y producción necesita algunos nutrientes en mayores y otros en menores cantidades. Entre los primeros se encuentran N, P, K, S, Ca y Mg y entre los segundos Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni, y Se. Todos estos elementos los obtiene del suelo donde están enraizadas las plantas. También, la planta necesita el C, O y H, que los consigue de las atmósfera, los dos primeros a través de la fotosíntesis y el último del agua por el mismo proceso (Calero, 2006).

#### **E. Eficiencia de Nitrógeno**

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generado aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo (Quintero y Boschetti, 2011).

El mismo autor indica que, la eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta. La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto, la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción de N se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas. En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la

concentración de N en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan un 50 % del N total removido (**Quintero y Boschetti, 2011**).

**OCÉANO CENTRUM (2002)**, indica que una de las primeras decisiones que se debe tomar a la hora de cultivar maíz o cualquier otra especie, es elegir la variedad o híbrido más adecuado a las características de la explotación. La calidad de las semillas comerciales, en lo que se refiere a pureza, vigor, germinación, etc, es por regla general muy alta. No resulta, en cambio utilizar semilla del propio productor en siembras sucesivas, ya que con ellas el rendimiento y la uniformidad se reducen significativamente.

Para alcanzar altos rendimientos en las siembras de maíz debe usarse semilla mejorada y certificada; si no es posible, se acostumbra a seleccionar la mejor semilla que haya producido el agricultor. También manifiesta que si se siembran híbridos, no debe utilizarse semilla de esa cosecha F2 ya que los rendimientos se reducen y las plantas no son uniformes y tienen poco vigor (**Terranova, 2002**).

El maíz híbrido es superior a las variedades de polinización abierta debido a: 1) Alta producción de follaje de buena calidad, 2) Gran producción y rendimientos significativamente superiores, 3) Tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos, 4) Es más resistente al acame y puede resistir mejor a la sequía (**Delorit y Ahlgren, 1987**).

**MUÑOS, et al (1991)**, detallan que en la determinación de la influencia de la zeolita natural de diferentes yacimientos en cultivo de maíz, la influencia de zeolita mezclada con fertilizantes en la absorción de nutrientes es evidente. Analizando el porcentaje de NPK en la materia seca del maíz a los 40 días de la germinación, observaron que el contenido de N y proteína bruta en el tratamiento con NPK aumentó respecto al testigo un 3 %, mientras que en los tratamientos con zeolita fue de 25-38 %. Con respecto al P, se incrementó la absorción en un 15 % respecto al testigo y un 24 % respecto al tratamiento fertilizado.

La eficiencia del uso del nitrógeno en maíz en la última década puede ser explicada en un 50% por el N aplicado como urea, sin encontrarse diferencias entre siembra directa o convencional. La disponibilidad de nuevos materiales genéticos, junto con prácticas de manejo y control de malezas y plagas más ajustadas, ha permitido que el promedio de eficiencia agronómica de la última década aumente a 20 kg de maíz/kg N, con máximos

de 40 kg de N. Si se considera que el maíz requiere de 20 a 25 kg de N para producir una tonelada de grano se puede estimar que la eficiencia promedio de la utilización del N del fertilizante, está en el orden del 40 al 50%, pudiendo llegar a un máximo del 90% (Quintero, 2009).

El 50% de Nitrógeno (Urea) y toda la fórmula debe aplicarse al momento de la siembra luego entre los 20 y 30 días después de la emergencia del maíz aplicar el resto de nitrógeno. Sin embargo, la planta de maíz utiliza más eficientemente el nitrógeno si se aplica en tres fracciones: el 33% a la siembra y los dos tercios a los 20 y 40 días, respectivamente (SAG, 2006).

Como lo menciona el autor en el párrafo anterior, en términos generales, se estima que entre el 50 y el 80% del N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre el 20 y el 50% del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia:

- Volatilización de amoníaco
- Desnitrificación
- Lixiviación
- Escurrimiento superficial

## **F. Fertilización**

Las recomendaciones de fertilización no se pueden generalizar en áreas dedicadas al cultivo de maíz, por las diferentes clases de suelos. Para incrementar la fertilidad natural de los suelos, se pueden incorporar fertilizantes que ayuda a cubrir las necesidades nutritivas de las plantas (Inpofos, 1990).

Según estudios de Griffith, citado por Robles (1990), el papel de la fertilización es precisamente llenar cualquier deficiencia de nutrientes que exista en el suelo. Sin embargo, para saber si la cantidad de un elemento disponible en el suelo es suficiente para llenar las necesidades del cultivo hay que saber cuánto de ese elemento absorbe durante el ciclo vegetativo y reproductivo. Los análisis químicos de los suelos son importantes para

conocer los elementos que existen, sin embargo, es necesario conocer que cantidades se encuentran disponibles o aprovechables por las plantas.

Yum-On, citado por **Robles (1990)**, en la zona de San Carlos, provincia de Los Ríos, encontró que con la dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, el híbrido INIAP H-551 alcanzó un rendimiento de 9.005,5 kg ha<sup>-1</sup>, superando al Pacific 9205 que produjo 6.417 kg ha<sup>-1</sup>.

El **MAG (2000)**, reporta que en el rendimiento de una planta de maíz intervienen una serie de factores que pueden agruparse, tales como: el clima, suelo y planta. El suelo tiene diferentes caracteres físicos, entre los más importantes son: textura, estructura, pues de ellos se derivan su aireación y capacidad de asimilación de agua y nutrientes.

Según **Amores, Mite y Carrillo (1995)**, en el cultivo de maíz, la fertilización es una práctica muy generalizada, aunque los resultados obtenidos muchas veces no son los esperados.

Según **Tisdale y Nelson (1970)**, los nutrientes son tan necesarios para las plantas como lo son los alimentos para los humanos y animales. El cultivo de maíz alcanza su máximo rendimiento cuando éste es plantado en suelos bien abastecidos con cantidades balanceadas de nutrientes.

## **1. Fertilización Nitrogenada**

El aumento de producción de maíz, en gran parte se debe al papel importante que juegan los fertilizantes nitrogenados, los que estimulan el crecimiento vegetativo, incrementa la capacidad fotosíntesis de la planta e intervienen en la formación de proteínas, (**Clavijo, 1984**).

Según **Gross (1986)**, en base a los estudios realizados manifiesta que la deficiencia de nitrógeno en las plantas de maíz se detecta después de que han pasado la “altura de la rodilla”, caracterizándose por el amarillamiento de las puntas de las hojas.

Según **Jugenheirmer (1981)**, las plantas adquieren sustancias vitales debido al nitrógeno ya que este nutriente actúa como estimulante de la actividad vegetativa. Menciona también

que la planta de maíz utiliza el nitrógeno durante todo su ciclo. En la absorción del mismo se distinguen tres fases marcadas, estas son:

- Desde el nacimiento hasta cerca de un mes antes de la aparición de las barbas o inflorescencias femeninas. Al final de ese período se completa cerca de 10% de las necesidades totales del elemento.
- Desde un mes antes de la aparición de las barbas, con aumentos en la absorción hasta un máximo durante la aparición de las panojas. Este es el período de mayor demanda, de ahí la importancia del reabonamiento nitrogenado oportuno. Para la época de aparición de las barbas las plantas ya han extraído más de 60% de sus necesidades nitrogenadas.
- Fase posterior a la aparición de las barbas. La absorción se hace más lenta, lo que depende, en parte, del material genético. Existen cultivares capaces de continuar la absorción del nitrógeno durante períodos más largos.

El mismo autor menciona que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma fraccionada permite una mejor utilización del nitrógeno, particularmente en suelos con texturas gruesas, sujetos a pérdidas del elemento por lavado. Fuentes comunes de fertilizantes nitrogenados corresponden a la urea, el sulfato de amonio, el nitrato de amonio, los fosfatos monoamónico y diamónico, así como numerosas fórmulas compuestas.

Los abonos nitrogenados aplicados sobre la superficie del suelo tienden a perderse por drenaje superficial o por volatilización; esto último es más grave en el caso de fuentes amoniacales en suelos de pH alto. Las tierras erosionadas requieren, en general, mayores cantidades de nitrógeno. La respuesta de la planta al fertilizante nitrogenado también depende del contenido de otros nutrientes, particularmente del fósforo (**Beg, 2011**).

## **2. Fertilización Superficial**

Este es un método utilizado sobre todo en cultivos en desarrollo, tales como césped, frutales y en menor grado en los granos pequeños. Para algunos la fertilización superficial es comúnmente necesaria para obtener buenos rendimientos lo que tiene relación en cuanto

al fertilizante que haya sido puesto como se recomienda al sembrar o antes de sembrar. Cuando el fertilizante se aplica, se debe tener cuidado que no toque el tallo de la planta, siendo lo aconsejable realizarlo a diez centímetros de distancia del tallo de la planta (Tisdale y Nelson, 1970).

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

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 de las hojas más viejas (Torres, 2011).

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

El maíz requiere alrededor de 20 - 25 kg/ha de N por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10.000 kg ha<sup>-1</sup> de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de maíz 200-250 kg. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento. La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas proviene de varios componentes (Torres, 2011).

### **2. Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada**

La cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía por temperatura, humedad y tipo de suelo. A modo orientativo, se puede considerar alrededor del 2.5% del N (nitrógeno total del suelo) determinado en el estrato de 0-30 cm (Torres, 2011).

### **3. Nitrógeno del fertilizante**

En el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al

requerido por el cultivo, se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno=demanda de nitrógeno). La cantidad de fertilizante inferida a partir de este procedimiento denominado "criterio de balance" deberá ser ajustado por la eficiencia de fertilización. La magnitud de la misma depende del tipo de fertilizante y del manejo del mismo (fuente, tecnología de aplicación, momento de fertilización, etc.) El manejo del fertilizante debería contemplar qué pérdidas de nitrógeno se pueden presentar y diseñar la estrategia de fertilización que minimice la incidencia global de las mismas **(Torres, 2011)**.

Las pérdidas de nitrógeno según **Torres, (2011)** 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 pH 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, 2011)**.

➤ **Lixiviación de nitratos:** Esta pérdida es el lavado de nitratos por el agua de precolación 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 importante 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. 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 aplicaciones a la siembra o de pos emergencia, 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, 2011**).

➤ **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, 2011**).

## **H. Otro tipo de fertilización**

### **1. Vinaza**

El uso de vinaza en la producción de cultivos de hortalizas empezó en Honduras en los años 90 aunque la investigación sobre el uso de la vinaza se empezó a realizar al final de los 70 a nivel mundial. En Honduras, el uso de vinaza se fue popularizando con las recomendaciones de los técnicos del programa USAID-RED (antes Fintrac CDA) durante

los años 2000 y 2001. La vinaza se empezó a recomendar para el lavado de cinta, como nematostático y por su efecto en mejora de la estructura de suelo. Después de varios años de uso, observaciones y recopilación de información hemos encontrado que el uso de la vinaza tiene más beneficios (USAID, 2006).

## **2. Beneficios de la Vinaza:**

- Fuente inicial de energía para la flora benéfica del suelo
- Fuente de energía para el sistema radical durante momentos de estrés
- Aumenta la materia orgánica del suelo
- Fuente de nutrientes

La vinaza es un subproducto de la fabricación de alcohol que se produce en una proporción de 13:1, es decir, por cada litro de alcohol se obtienen 13 litros de vinaza. De acuerdo con **Ferreira y Montenegro (1987)**, esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1. Recientemente se han desarrollado cambios en el proceso de fabricación de alcohol para obtener vinaza más concentrada. En Colombia, por ejemplo, la Industria de Licores del Valle produce 2.5 L de vinaza con 55% de sólidos totales por cada litro de alcohol producido.

La vinaza contiene principalmente materia orgánica, potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), nitrógeno (N) y calcio (Ca); sin embargo, esta composición es variable según provenga de melaza, jugo o la mezcla de ambos. De acuerdo con análisis realizados en Brasil **Gloria y Orlando (1983)**, la vinaza proveniente de melaza presenta los mayores contenidos de materia orgánica y elementos minerales.

## **3. Zeolita**

La zeolita es considerada como un potencializador de fertilizantes; este mineral previene la pérdida de nutrientes en las tierras no irrigadas y se considera altamente eficiente. Se calcula que con la aplicación del 20% de la fertilización tradicional o al menos una tonelada por hectárea, se logra una fertilidad importante del suelo seco antes de plantar (**ZEOCOL, 2011**).

Diversas experiencias en el mundo han expuesto resultados favorables sobre la efectividad del producto. En etapa de crecimiento de la producción, se ha observado un incremento del 30% en suelos que han incluido Zeolita.

Se ha mencionado que la zeolita disminuye los costos productivos y la contaminación ambiental, aporta beneficios para la salud animal y humana y recupera el estado del suelo **(ZEOCOL, 2011)**.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. Ubicación de la investigación

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el km 5 vía Quevedo – El Empalme, en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. Sus coordenadas geográficas son 79° 21'04 Longitud Oeste, 01° 06'01 Latitud Sur, altitud 75 msnm, desde enero hasta mayo del 2010.

#### B. Características Climáticas y Edafológicas

Las características edáficas y climáticas del lugar del ensayo previo a la siembra se presentan el **Cuadro 1**.

**Cuadro 1.** Características edáficas y climáticas del lugar del ensayo.

Variables	Características climáticas y edafológicas
<b>Clima</b>	Tropical húmedo
<b>Temperatura promedio anual</b>	24,30 °C
<b>Precipitación media anual</b>	2100 mm
<b>Heliofanía</b>	870 horas anuales
<b>Humedad relativa</b>	84,82%
<b>Topografía</b>	Plana
<b>Drenaje</b>	Bueno
<b>Textura</b>	Franco arenoso
<b>pH</b>	5,7

#### C. Factores de Estudio

Los factores de estudio fueron dosis de nitrógeno (0, 69, 138, 207 kg ha<sup>-1</sup>) (factor A) y formas de aplicación (factor B).

## D. Tratamientos en estudio

Para el presente trabajo se utilizaron seis tratamientos, con cuatro repeticiones más un testigo absoluto, los mismos que se describen en el **Cuadro 2**.

**Cuadro 2.** Tratamientos y formas de aplicación.

Tratamientos	Formas de Aplicación	Dosis kg ha <sup>-1</sup> N	*Sacos ha <sup>-1</sup>
1	Testigo Absoluto	0	
2	Testigo Agricultor en bandas	69	
3	Enterrado con Espeque	69	
4	Enterrado con Inyector	69	3
5	+zeolita en banda	69	
6	+vinaza en banda,	69	
7	+vinaza con inyector	69	
8	Testigo Agricultor en bandas	138	
9	Enterrado con Espeque	138	
10	Enterrado con Inyector	138	6
11	+zeolita en banda	138	
12	+vinaza en banda,	138	
13	+vinaza con inyector	138	
14	Testigo Agricultor en bandas	207	
15	Enterrado con Espeque	207	
16	Enterrado con Inyector	207	9
17	+Zeolita en banda	207	
18	+Vinaza en banda,	207	
19	+Vinaza con inyector	207	

\* Sacos = 50 kg de úrea

## E. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar bajo un arreglo de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. En el **Cuadro 3**, se describe el esquema del análisis de varianza (ADEVA).

**Cuadro 3.** Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	
Total	$rab - 1$	71
Repeticiones	$r - 1$	3
<b>Factor A</b>		
(Dosis de Nitrógeno)	$a - 1$	2
Error A	$(r - 1)(a - 1)$	6
<b>Factor B</b>		
(Modalidades de aplicación)	$b - 1$	5
AxB		10
Testigo		1
Error B	$a(r - 1)(b - 1)$	44

Factor A = Dosis de Nitrógeno; Factor B = Modalidades de aplicación

## F. Manejo del experimento

El suelo se preparó de forma convencional y después de dos días se procedió a la siembra utilizando espeque y dos semillas por sitio. Se sembró a una distancia de 0,80 m entre hileras y 0,14 m entre plantas.

Al momento de la siembra se aplicó el herbicida pre-emergente Prowl en dosis de 3 L ha<sup>-1</sup>, Glifosato 3 L ha<sup>-1</sup> y 0,7 L ha<sup>-1</sup> Atrazina, en 200 L de agua. Posteriormente, se realizaron dos deshierbas manuales a los 25 y 45 días después de la siembra.

La fertilización con P, K, S, Mg y elementos menores se hizo en función del análisis de suelo y las recomendaciones realizadas por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas en la EET – Pichilingue del INIAP. La fertilización a base de N fue fraccionada dos veces a lo largo del ciclo del cultivo.

Para evitar daños causados por insectos plagas, se realizaron aplicaciones de insecticidas con aspersores manuales, usando los productos comerciales empleados por el productor, estos son Clorpirifos (lorsban) 400 cc ha<sup>-1</sup>, de acuerdo a la incidencia. Además, se realizaron evaluaciones semanales al cultivo, desde la siembra hasta la cosecha con el fin de controlar a tiempo cualquier tipo de plaga.

## **G. Variables Evaluadas**

### **1. Datos de Fertilidad y Nutricionales**

#### **a. Muestreo de suelos**

El análisis de suelo se realizó antes del establecimiento de los tratamientos, se colectó la muestra de 0 – 20 cm de profundidad es decir, de la superficie ¼ hasta abajo utilizando para ello una pala o un barreno. El número de muestras necesarias fue de 20 submuestras.

#### **b. Muestreo de tejidos**

El muestreo de tejidos se lo realizó en la época de floración de las plantas que es entre 55 – 60 días. Se colectó la hoja opuesta a la mazorca, se eliminó la base y la punta de la hoja para luego enviar la muestra al laboratorio para el respectivo análisis.

### **2. Datos Agronómicos**

#### **a. Antes de la cosecha**

##### **1. Altura de planta a la espiga (APE)**

Esta variable fue tomada en dos épocas: a los 50 días y a la cosecha. Se evaluaron 10 plantas elegidas al azar y se midió desde la superficie del suelo hasta la inserción de la espiga (cm).

##### **2. Porcentaje de plantas acamadas**

Los datos se registraron a partir del número de plantas con tallos rotos bajo la mazorca (TRBM) principal que estaban dentro de la parcela útil y fueron tomados a los 100 días.

$$\text{Plantas acamadas (\%)} = 100 \times \frac{\text{Total de plantas con TRBM}}{\text{Total de plantas en parcela útil}}$$

##### **3. Altura de inserción de mazorca (AIM)**

Se evaluó 10 plantas al azar en cada tratamiento en el interior de la parcela útil; se registraron los datos a la cosecha, midiendo desde el cuello de la plántula el punto de inserción de la mazorca.

#### 4. Eficiencia del Nitrógeno

Para el cálculo de la eficiencia del N se utilizó la tabla propuesta por el IPNI (2009) la cual se presenta en el **Cuadro 4**.

**Cuadro 4.** Cálculo de eficiencia del N.

Termino EUN	Cálculo	Interpretación de datos
PPFN Productividad parcial del factor N	$R/D$	40 - 80 unidades de grano de cereal por unidades de N
EAN Eficiencia agronómica de N aplicado	$(R-R_0)/D$	10 A 30 unidades de grano de cereal por unidades de N aplicado
BPNN Balance de parcial de N (relación de remoción a uso de N)	$U_C/D$	0 o más de 1,0 : depende de la fertilidad del suelo y de los objetivos de mantenimiento de esta fertilidad < 1 : Sistema deficientes en nutrientes (mejoramiento de la fertilidad) >1: condiciones de exceso en el sistema Ligeramente menos que 1 a 1 (sostenibilidad del sistema )
$ER_N$ Eficiencia aparente de recuperación de N	$(U-U_0)/D$	0,3 a 0,5: típica recuperación de N en cereales 0,5 a 0,8: recuperación de N en cereales con mejor manejo

#### Dónde:

D = cantidad de N aplicada (como fertilizantes, residuos, etc.)

R = rendimiento de la porción cosechada del cultivo con la aplicación de N.

$R_0$  = rendimiento del tratamiento control sin la aplicación de N.

$U_C$  = contenido de N de la porción cosechada del cultivo.

U = acumulación total de N en la biomasa aérea del cultivo con la aplicación de N.

$U_0$  = acumulación total de la biomasa aérea del cultivo sin aplicación de N.

## **b. Después de la cosecha**

### **1. Porcentaje de mazorcas sanas (PMS)**

De la parcela neta de cada unidad experimental se realizó el conteo de las mazorcas sanas y su valor fue expresado en porcentaje, dividiendo las mazorcas sanas para el total de mazorcas.

### **2. Porcentaje de mazorcas podridas (PMP)**

De la parcela neta de cada unidad experimental se registraron las mazorcas podridas. El valor que se obtuvo se lo expresó en porcentaje, dividiendo las mazorcas podridas para el total de mazorcas.

### **3. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas (PMMP)**

De la parcela neta se obtuvo del total de mazorcas mal polinizadas por tratamiento. El valor obtenido fue expresado en porcentaje, dividiendo las mazorcas mal polinizadas para el total de mazorcas polinizadas.

### **4. Longitud de mazorca (LM)**

De la parcela neta de cada unidad experimental, se seleccionaron 10 mazorcas al azar, para medir su longitud total en centímetros y calcular luego el promedio correspondiente.

### **5. Diámetro de la mazorca (DM)**

De la parcela neta de cada unidad experimental se seleccionaron 10 mazorcas al azar en las cuales en la parte media y con ayuda de un calibrador, se midió en centímetros su diámetro y se calculó el diámetro promedio.

## **6. Número de hileras por mazorca (NHM)**

Se evaluaron diez mazorcas tomadas al azar de la parcela útil. Se contó el número de hileras en las diez mazorcas y luego se sacó el promedio.

## **7. Peso de grano por mazorca (PGM)**

De las 10 mazorcas en las que se registró el peso correspondiente se desgranaron para registrar el peso del grano y obtener luego el respectivo promedio.

## **8. Peso de tuza (PTM)**

En las diez mazorcas seleccionadas para el desgrane se registró el peso de la tuza y luego obtener el promedio respectivo.

## **9. Rendimiento en grano (RGC)**

Para efecto, se colectaron manualmente todas las mazorcas de la parcela útil de cada tratamiento, y el rendimiento fue expresado en kilogramos por hectárea, con 13% de humedad. Para el efecto, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de grano ajustado} = \frac{PCx(100 - hg)}{87} x 3125$$

PC= peso grano parcela útil

hg= humedad del grano a la cosecha

3125= resulta de la división de 10000m<sup>2</sup> para el área de la parcela

## **10. Análisis económico (AE)**

Para seleccionar el mejor tratamiento económico, los rendimientos obtenidos fueron sometidos a un análisis de presupuesto parcial, dominancia de tratamientos y cálculo de tasa de retorno marginal correspondiente, siguiendo la metodología propuesta por CIMMYT (1988), que consiste en:

### **a. Análisis de Presupuesto Parcial**

Con este análisis se estimó el beneficio neto de los tratamientos, el mismo que se obtuvo de acuerdo a la fórmula siguiente:

**Beneficio Neto (B.N.)**= Beneficio Bruto de Campo - Costos Variables

Para conseguir el Beneficio Bruto (**B.B.**) se multiplicó el rendimiento promedio de cada tratamiento por el precio actualizado del maíz al mes de diciembre en la zona de Quevedo.

**B.B.**=Rendimiento Neto, kg x Precio de venta kg<sup>-1</sup>

**Costos Variables**= Insumos variables entre tratamiento + costo de su aplicación.

El costo considerado para los fertilizantes fueron precios actualizados en el mercado de la ciudad de Quevedo al mes de Diciembre del año 2010, fecha que se efectuó el análisis económico.

### **b. Análisis de Dominancia**

Para esto se ordenaron los tratamientos de mayor a menor beneficio neto con sus respectivas relaciones de costos variables para determinar que tratamientos serán dominados. Un tratamiento es dominado por otro cuando su beneficio neto es igual o menor que el anterior y su costo variable correspondiente es mayor. Esto significa que se elimina un tratamiento que ofrece un menor beneficio neto a mayor costo.

### **c. Análisis marginal.**

Con este análisis se determinó la magnitud del incremento marginal del beneficio neto de los tratamientos en relación a los demás y su rentabilidad asociada al incremento del costo marginal, lo que se denomina tasa marginal de retorno (**TMR**). Esta representa el beneficio neto marginal (aumento en los costos que varían) expresado en el porcentaje para el efecto, se utilizó la siguiente fórmula:

**TMR**= (IMBN/IMCV)\*100

Dónde:

**IMBN**=Incremento marginal del beneficio neto

**IMCV**=Incremento marginal de costos variables

#### **IV. RESULTADOS**

## A. Antes de la Cosecha

### 1. Altura de planta a la espiga

En el **Cuadro 5**, se muestran los promedios de altura de planta a la espiga. De acuerdo a la prueba de Tuckey la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> (D3) de N alcanzó la mayor altura de planta (1,97 m) estadísticamente igual a las dosis 69 (D1) y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) con 1,86 m y 1,94 m, respectivamente.

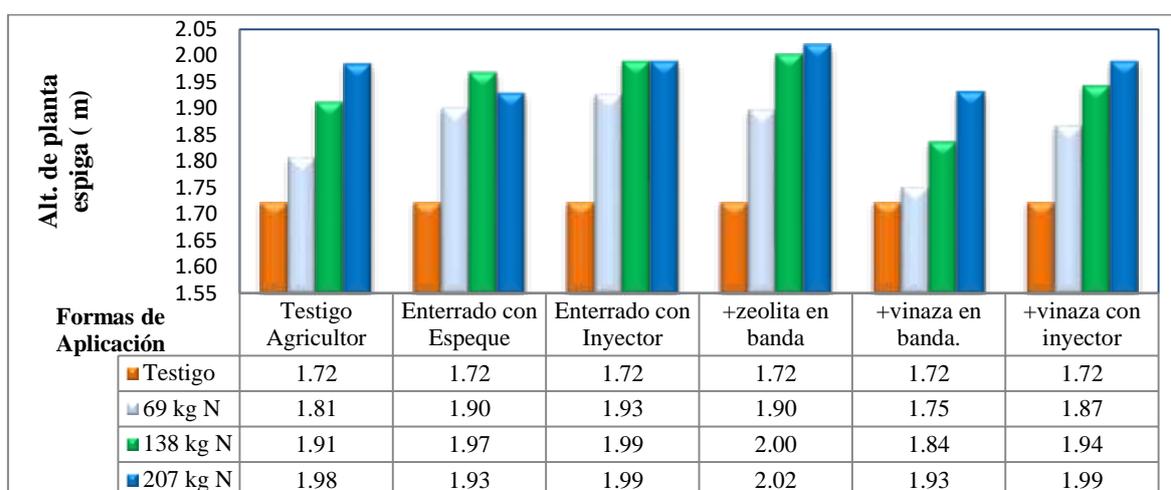
En el mismo cuadro se observa que las modalidades de aplicación de nitrógeno no mostraron diferencia estadística, a excepción del tratamiento urea más vinaza en banda (T5) el mismo que obtuvo la menor altura de planta a la espiga con 1,84 m, comparado con los demás tratamientos, los mismos que están entre 1,90 m y 1,97 m difiriendo estadísticamente con el T5.

**Cuadro 5.** Promedios de altura de planta a la espiga del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de Planta a la espiga	Significancia
		(m)	Estadística*
D1	Nitrógeno 69	1,86	a
D2	Nitrógeno 138	1,94	a
D3	Nitrógeno 207	1,97	a
T1	Testigo Agricultor en banda	1,90	ab
T2	Enterrado con Espeque	1,93	ab
T3	Enterrado con Inyector	1,97	a
T4	+zeolita en banda	1,97	a
T5	+vinaza en banda	1,84	b
T6	+vinaza con inyector	1,93	ab
MEDIA		1,92	
C.V.		11,30	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 1**, se muestran las interacciones de dosis-formas de aplicación de N en la variable altura de planta a la espiga, en donde se observa que el tratamiento con mayor altura de planta a la espiga (2,02 m) fue el T4 con dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, comparado con los demás tratamientos incluyendo al testigo absoluto el mismo que alcanzó una altura de 1,72 m, muy inferior a los demás tratamientos. En este gráfico se observa que la dosis que dio un mayor resultado en todos los tratamientos fue la de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, a excepción del tratamiento T2, que comparado con las dosis 138 kg ha<sup>-1</sup> de N obtuvo una altura de planta a la espiga (1,93 m) menor a la dosis antes mencionada (1,97 m).



**Gráfico1.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable altura de planta a la espiga.

## 2. Porcentaje de plantas acamadas

En el **Cuadro 6**, se muestran los promedios del porcentaje de plantas acamadas, donde la dosis 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) tuvo el más alto porcentaje de plantas acamadas (1,62%), seguido de la dosis 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) con 1,47% y la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) que mostró el menor porcentaje (1,14%). Para este caso no se presentó diferencias estadísticas, en cuanto a las dosis de nitrógeno aplicadas para esta variable.

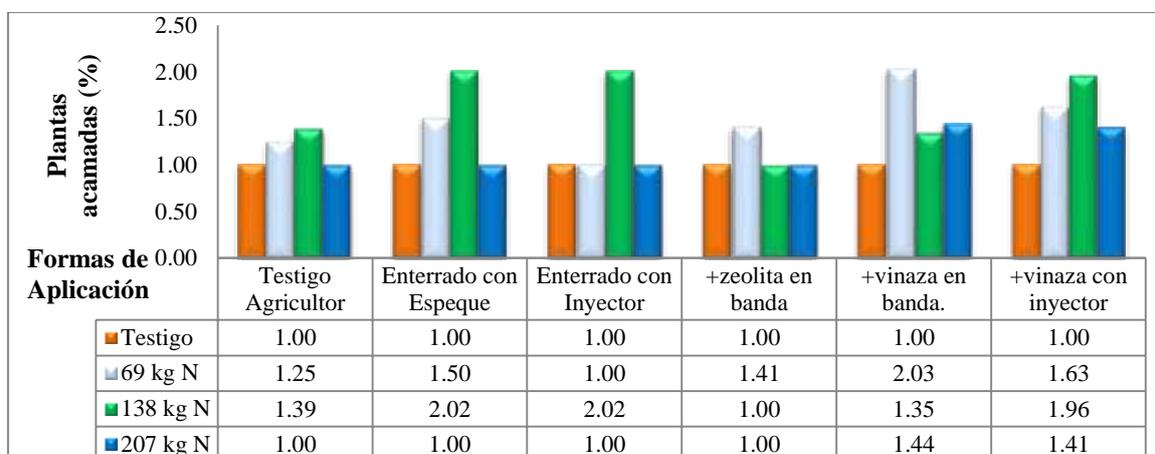
En este mismo cuadro, se aprecia que el porcentaje de plantas acamadas en los tratamientos, no muestran diferencias estadísticas. Sin embargo, los tratamiento de urea más vinaza con inyector (T6) y urea más vinaza en banda (T5), registraron el mayor porcentaje de plantas acamadas con valores de 1,67% y 1,61%, respectivamente, mientras que el menor porcentaje de plantas acamadas lo presentó el tratamiento (T4) con 1,14 %, siendo inferior al tratamiento testigo agricultor en banda (1,21 m).

**Cuadro 6.** Promedios de porcentaje de plantas acamadas híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET – Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Plantas acamadas (%)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	1,47	a
D2	Nitrógeno 138	1,62	a
D3	Nitrógeno 207	1,14	a
T1	Testigo Agricultor en banda	1,21	a
T2	Enterrado con Espeque	1,51	a
T3	Enterrado con Inyector	1,34	a
T4	+zeolita en banda	1,14	a
T5	+vinaza en banda	1,61	a
T6	+vinaza con inyector	1,67	a
MEDIA		1,41	
C.V.		14,1	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

El **Gráfico 2**, muestra las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable plantas acamadas. En este gráfico se observa que el tratamiento urea más zeolita en banda (T4) presentó el menor porcentaje de plantas acamadas (1%) y que los tratamientos urea enterrado con espeque (T2), urea enterrada con inyector (T3) y urea más vinaza con inyector (T6) presentaron mayor porcentaje de plantas acamadas con 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (2,02; 2,02; y 1,96 %, respectivamente) al igual que el tratamiento urea más vinaza en banda (T5) con 69 kg ha<sup>-1</sup> (2,03 %). Este gráfico muestra que el testigo absoluto también presentó un porcentaje menor de plantas acamadas.



**Gráfico 2.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable plantas acamadas.

### 3. Altura de inserción de mazorca

En el **Cuadro 7**, se muestran los promedios de altura de inserción de mazorca. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) presentó una mayor altura de inserción de mazorca (1,30 m), seguida por la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2), la misma que alcanzó una altura de inserción de mazorca de 1,29 m, mientras que la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) presentó la menor altura de inserción de mazorca (1,26 m).

Además se observa que el tratamiento con mayor altura de inserción de mazorca fue urea más zeolita en banda (T4) con 1,31 m, seguido de los tratamientos de urea enterrado con espeque (T2), urea enterrada con inyector (T3), y urea más vinaza con inyector (T6), con 1,30 m para los tres tratamientos y 1,29 m para el tratamiento (T5) urea más vinaza superficial sin diferir estadísticamente entre ellos, a excepción del testigo agricultor en banda que muestra la menor altura de inserción de mazorca (1,19 m), el cual mostró diferencia significativa comparado con los demás tratamientos.

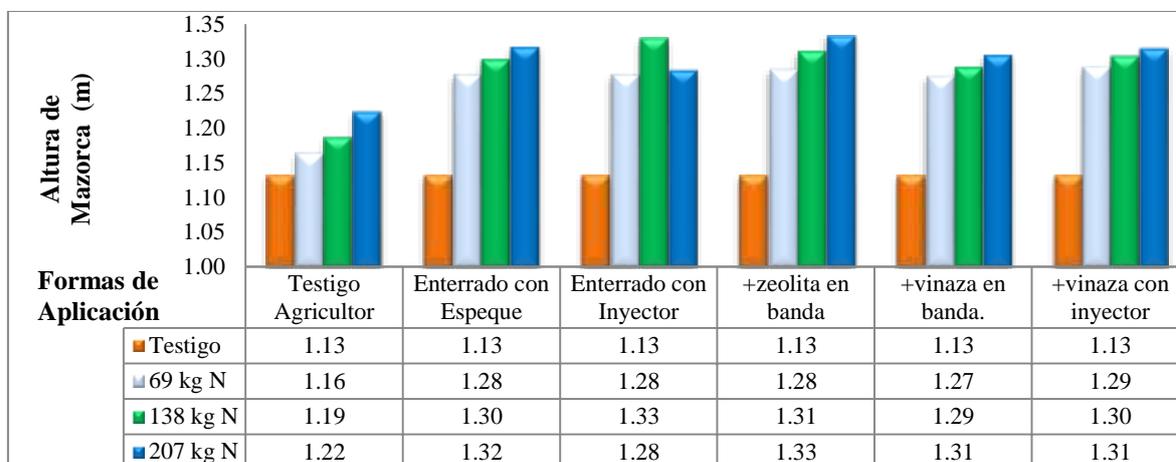
**Cuadro 7.** Promedios de altura de inserción de mazorca híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de inserción de mazorca	Significancia
		(m)	Estadística*
D1	Nitrógeno 69	1,26	a
D2	Nitrógeno 138	1,29	a
D3	Nitrógeno 207	1,30	a
T1	Testigo Agricultor en banda	1,19	e
T2	Enterrado con Espeque	1,30	abc
T3	Enterrado con Inyector	1,30	abc
T4	+zeolita en banda	1,31	a
T5	+vinaza en banda	1,29	abcd
T6	+vinaza con inyector	1,30	ab
MEDIA		1,28	
C.V		8,20	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 3**, se observan las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable altura inserción de mazorca. Aquí se muestra que todos los tratamientos en estudio presentaron mayor altura de inserción de mazorca con 207 kg ha<sup>-1</sup> de N a excepción del

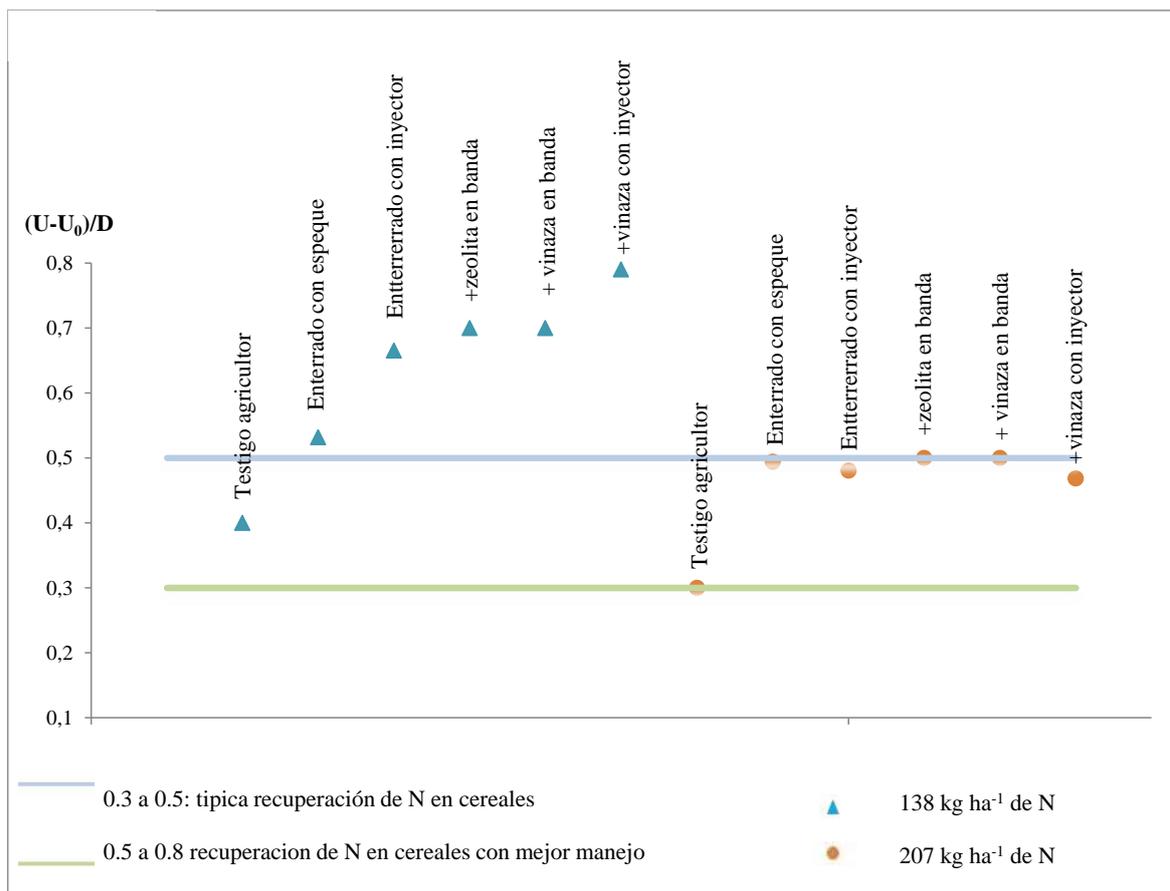
tratamiento urea enterrado con inyector que presentó la mayor altura con 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, (1,33 m). Mientras que el testigo absoluto fue el que presentó menor altura de inserción de mazorca (1,13 m), muy por debajo de los obtenidos por los demás tratamientos.



**Gráfico 3.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable altura inserción de mazorca.

#### 4. Eficiencia del N

En el **Gráfico 4** se muestra la eficiencia aparente de recuperación de N en el cultivo de maíz. Una típica recuperación de N en cereales se da en un rango de 0,3 a 0,5. Los tratamientos que se encuentran en este rango son el (T1) testigo agricultor en banda, en la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N y todos los tratamientos con dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N. Mientras que una recuperación de N en cereales con mejor manejo está en el rango de 0,5 y 0,8. En este rango quedan ubicados todos los demás tratamientos con dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N; sin embargo cabe resaltar que la mayor eficiencia en recuperación de N se da en la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para este caso el gráfico indica que no es necesario aplicar una dosis mayor. Es mejor tener en cuenta la modalidad de aplicación, para obtener una buena recuperación de este elemento.



**Gráfico 4.** Eficiencia aparente de recuperación de N en los diferentes tratamientos utilizados en este trabajo de investigación.

## B. Después de la cosecha

### 1. Porcentaje de mazorcas sanas (PMS)

En el **Cuadro 8**, se muestran los promedios de la variable porcentajes de mazorcas sanas. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) presentó un mayor porcentaje de mazorcas sanas con el 88,78 %, seguida de la dosis 69 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (D1) que alcanzó un porcentaje de 88,42% y con menor porcentaje de mazorcas sanas la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) con 84,85%, sin diferir estadísticamente entre las dosis de nitrógeno.

En este mismo cuadro se presentan los promedios de los tratamientos en la variable porcentaje de mazorcas sanas, con 88,85%, se observa que el tratamiento (T1) testigo agricultor en banda presentó el mejor porcentaje de mazorcas sanas, mientras que el

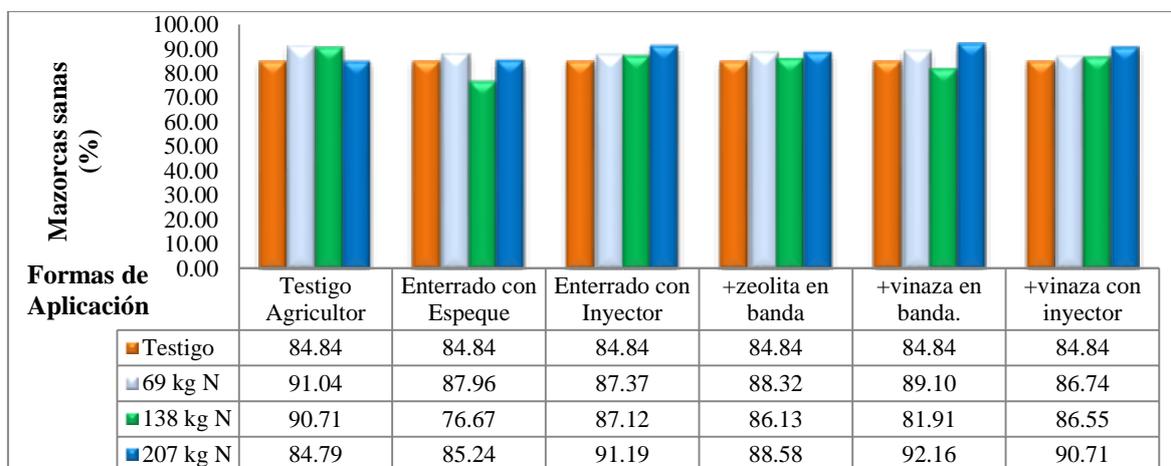
tratamiento con menor porcentaje de mazorcas sanas fue T2, urea enterrado con espeque con 83,29 %. En todos los tratamientos no muestra diferencia estadística.

**Cuadro 8.** Promedios de porcentaje de mazorcas sanas en el híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Mazorcas sanas (%)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	88,42	a
D2	Nitrógeno 138	84,85	a
D3	Nitrógeno 207	88,78	a
T1	Testigo Agricultor en banda	88,85	a
T2	Enterrado con Espeque	83,29	a
T3	Enterrado con Inyector	88,56	a
T4	+zeolita en banda	87,68	a
T5	+vinaza en banda	87,73	a
T6	+vinaza con inyector	88,00	a
MEDIA		87,35	
C.V.		14,00	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

El menor porcentaje de mazorcas sanas lo presentó el tratamiento (T2) urea enterrada con espeque (76,67%) con 138 kg ha<sup>-1</sup> de N. Mientras que el tratamiento urea más vinaza en banda (T5) fue el que mostró mayor porcentaje de mazorcas sanas con 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (92,16%), como se muestra en el **Gráfico 5**. Aquí, se muestra como el testigo absoluto presentó el menor porcentaje de mazorcas sanas 84,84%.



**Gráfico 5.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas sanas

## 2. Porcentaje de mazorcas podridas (PMP)

En el **Cuadro 9**, se presentan los promedios de la variable de porcentaje de mazorcas podridas. La dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) registró el mayor porcentaje de mazorcas podridas 3,02 %, seguida de la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> nitrógeno (D3) con 2,32 % y la dosis de menor porcentaje de mazorcas podrida, corresponde a la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> N (D1) con 1,25 %, sin diferir estadísticamente entre dosis.

Además, se muestran los promedios de los tratamientos de la variable de porcentaje de mazorcas podridas, donde el tratamiento de urea enterrada con espeque (T2) registra el mayor porcentaje de mazorcas podridas con 3,22% estadísticamente igual a los demás tratamientos, que registraron promedios entre 1,39% y 2,56%, mientras que el tratamiento urea más vinaza en banda (T5) obtuvo el menor porcentaje de mazorcas podridas.

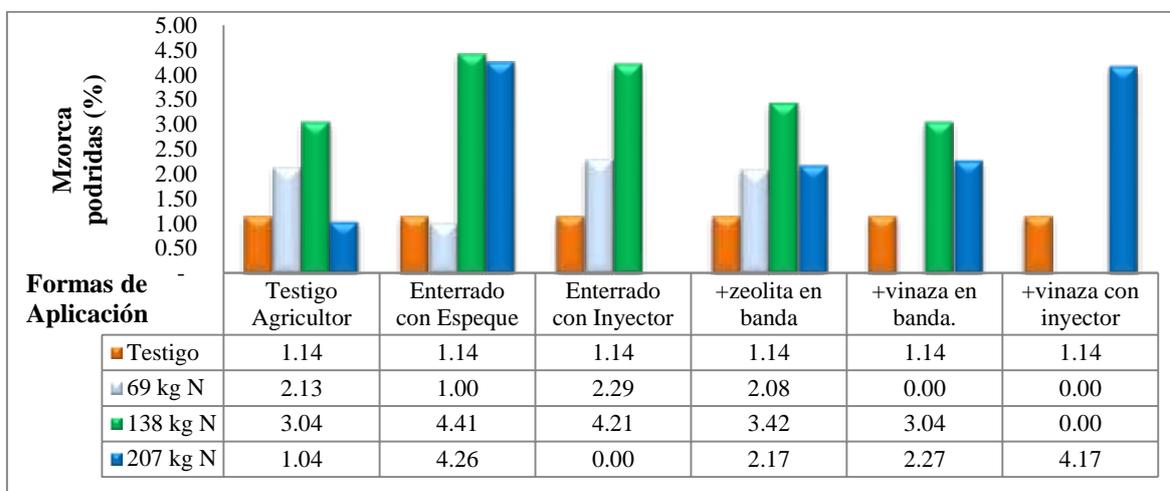
**Cuadro 9.** Promedios de porcentaje de mazorca podrida híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Mazorca podrida (%)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	1,25	a
D2	Nitrógeno 138	3,02	a
D3	Nitrógeno 207	2,32	a
T1	Testigo Agricultor en banda	2,07	a
T2	Enterrado con Espeque	3,22	a
T3	Enterrado con Inyector	2,17	a
T4	+zeolita en banda	2,56	a
T5	+vinaza en banda	1,77	a
T6	+vinaza con inyector	1,39	a
MEDIA		2,20	
C.V		18,3	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

El **Gráfico 6**, muestra las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas podridas. Se observa como la interacción del tratamiento urea enterrada con espeque (T2) de la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, demostró tener el mayor porcentaje de mazorca podridas con 4,41%, pero se notó mucha diferencia en las interacciones del tratamiento urea más vinaza en banda (T5) y urea más vinaza inyector

(T6) de la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N, ya que fueron las interacciones que no mostraron porcentajes de mazorcas podridas, al igual que el T6 en la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N.



**Gráfico 6.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas podridas.

### 3. Porcentaje de mazorca mal polinizada

En el **Cuadro 10**, se presentan los promedios de la variable de porcentaje de mazorcas mal polinizadas. La dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) presentó el mayor porcentaje de mazorcas mal polinizadas con 12,13%, mientras que la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) presentó 10,33% y la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N registro el menor porcentaje (8,90%) estadísticamente igual a los demás tratamientos.

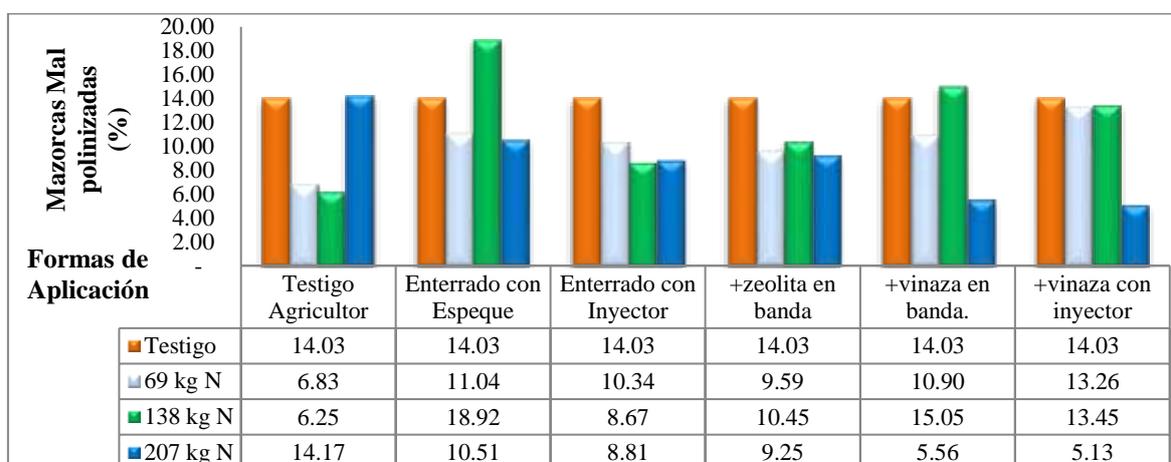
El tratamiento urea enterrada con espeque (T2) registró el mayor porcentaje de mazorcas mal polinizadas con un 13,49% siendo estadísticamente igual a los demás tratamientos con promedios que van de 9,08 a 10,61%. El menor porcentaje mazorcas mal polinizadas se presentó en el tratamiento testigo agricultor con 9,08%.

**Cuadro 10.** Promedios de porcentaje de mazorcas mal polinizadas del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Mazorcas mal polinizadas (%)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	10,33	a
D2	Nitrógeno 138	12,13	a
D3	Nitrógeno 207	8,90	a
T1	Testigo Agricultor en banda	9,08	a
T2	Enterrado con Espeque	13,49	a
T3	Enterrado con Inyector	9,27	a
T4	+zeolita en banda	9,76	a
T5	+vinaza en banda	10,50	a
T6	+vinaza con inyector	10,61	a
MEDIA		10,45	
C.V.		12,03	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 7**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas mal polinizadas. La interacción de la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N en el tratamiento urea enterrado con espeque mostró el mayor porcentaje de mazorcas mal polinizadas con 18,92 %, pero también se puede observar la interacción de menor porcentaje la misma que se dio en el tratamiento de urea más vinaza con inyector (T6) con 5,13 por ciento.



**Gráfico 7.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable porcentaje de mazorcas mal polinizadas.

#### 4. Longitud de mazorca

En el **Cuadro 11**, se presentan los promedios de la variable longitud de mazorca. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) alcanzó la mayor longitud de mazorca 14,83 cm sin diferir estadísticamente con las dosis de 69 y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N con promedios de 14,31 y 14,69 cm, respectivamente.

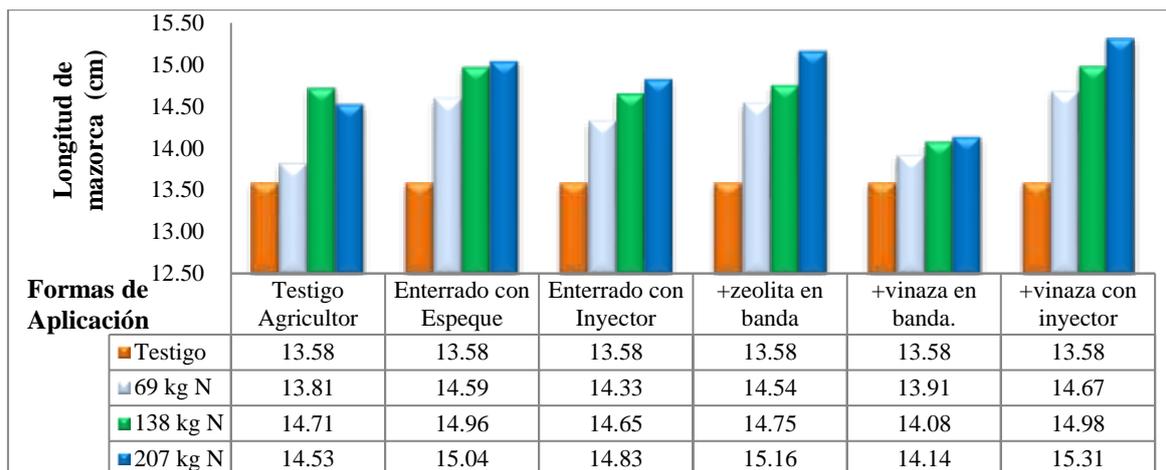
Por otra parte, el tratamiento urea más vinaza inyector (T6) con 14,99 cm, registra la mayor longitud de mazorca, seguido por los demás tratamientos que obtuvieron promedios entre 14,86 y 14,35 cm, difiriendo estadísticamente con el tratamiento urea más vinaza en banda (T5) que registró la menor longitud de mazorca con 14,04 cm.

**Cuadro 11.** Promedios de longitud de mazorca híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Longitud de mazorca (cm)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	14,31	a
D2	Nitrógeno 138	14,69	a
D3	Nitrógeno 207	14,83	a
T1	Testigo Agricultor en banda	14,35	abcd
T2	Enterrado con Espeque	14,86	ab
T3	Enterrado con Inyector	14,60	abcd
T4	+zeolita en banda	14,82	abc
T5	+vinaza en banda	14,04	d
T6	+vinaza con inyector	14,99	a
MEDIA		14,61	
C.V.		10,11	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 8**, Se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable longitud de mazorca. Se observa como la aplicación de la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) obtuvo la mayor longitud de mazorca en los diferentes tratamientos a excepción del testigo, el tratamiento urea más vinaza con inyector (T6) presento la mayor longitud de mazorca (15,31 cm) con 207 kg ha<sup>-1</sup> de N y con menor longitud de mazorca la dosis 69 kg ha<sup>-1</sup> (D1) con 13,81cm.



**Gráfico 8.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable longitud de mazorca.

## 5. Diámetro de mazorca

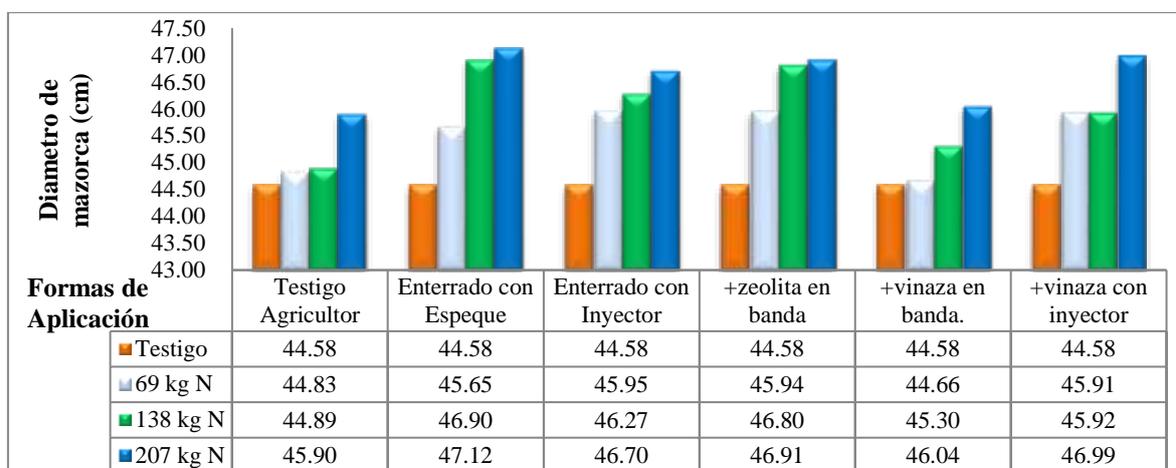
En el **Cuadro 12**, se muestran los promedios de la variable diámetro de mazorca. La dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3), alcanzó el mayor diámetro de mazorca (46,61 cm), sin diferir estadísticamente con las demás dosis, las mismas que obtuvieron promedios de 45,49 y 46,01 cm, para D1 y D2, respectivamente. El tratamiento urea enterrada con espeque (T2), tuvo el mayor diámetro de mazorca con 46,56 cm estadísticamente igual a los demás tratamientos que obtuvieron promedios entre 45,21 cm y 46,55 cm. El tratamiento con menor diámetro de mazorca fue el testigo agricultor en banda con 45,21 cm.

**Cuadro 12.** Promedios del diámetro de mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Diámetro de mazorca (mm)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	45,49	a
D2	Nitrógeno 138	46,01	a
D3	Nitrógeno 207	46,61	a
T1	Testigo Agricultor en banda	45,21	a
T2	Enterrado con Espeque	46,56	a
T3	Enterrado con Inyector	46,31	a
T4	+zeolita en banda	46,55	a
T5	+vinaza en banda	45,34	a
T6	+vinaza con inyector	46,27	a
MEDIA		46,04	
C.V.		5,49	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 9**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable diámetro de mazorca. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, demostró tener el mayor diámetro de mazorca en todos los tratamientos. Como se puede observar el tratamiento urea enterrada con espeque (T2), obtuvo el mayor diámetro de mazorca (47,12 cm) con 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, mientras que el menor diámetro de mazorca presentado fue en el tratamiento urea más vinaza en banda (44,66 cm) con 69 kg ha<sup>-1</sup> de N. Sin embargo, el tratamiento (T1) absoluto mostro una diferencia muy notoria con respecto a los demás tratamientos (44,58 cm).



**Gráfico 9.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable diámetro de mazorca.

## 6. Número de hileras por mazorca.

En el **Cuadro 13**, se presentan los promedios de la variable número de hileras por mazorca. La dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) alcanzó el mayor número de hileras por mazorca con 13,21 hileras, estadísticamente igual a las dosis 207 y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N que presentaron 13,12 y 13,11 hileras por mazorcas, respectivamente.

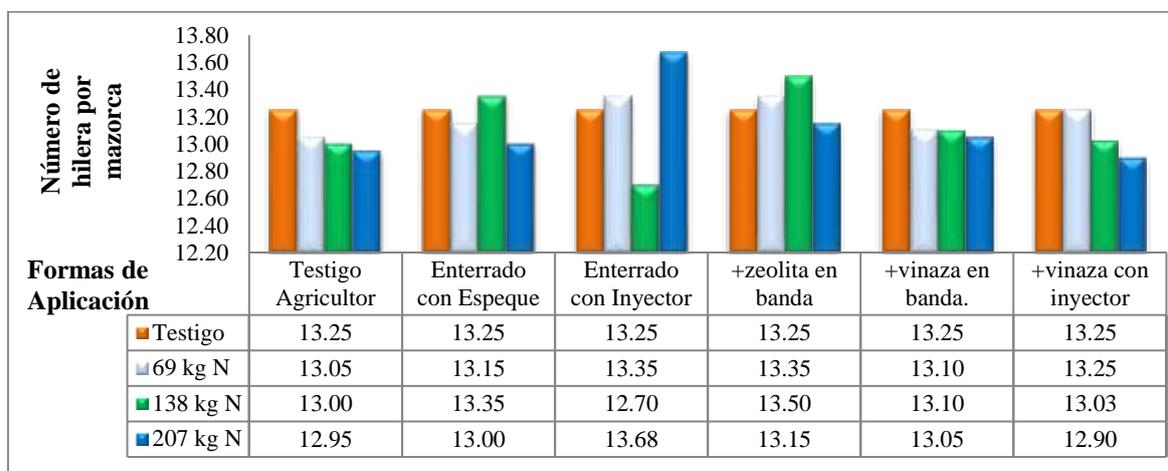
El tratamiento urea más zeolita en banda (T4) presentó el mayor número de hileras por mazorca (13,33 hileras), sin diferir estadísticamente con los demás tratamientos. El tratamiento que presentó el menor número de hileras fue el testigo agricultor en banda (13 hileras).

**Cuadro 13.** Promedios del número de hileras por mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de hileras	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	13,21	a
D2	Nitrógeno 138	13,11	a
D3	Nitrógeno 207	13,12	a
T1	Testigo Agricultor en banda	13,00	a
T2	Enterrado con Espeque	13,17	a
T3	Enterrado con Inyector	13,24	a
T4	+zeolita en banda	13,33	a
T5	+vinaza en banda	13,08	a
T6	+vinaza con inyector	13,06	a
MEDIA		13,15	
C.V.		7,90	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 10**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable número de hileras por mazorca. La interacción del tratamiento urea enterrado con inyector de la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (T3D3) presentó el mayor número de hileras por mazorca (13,68 hileras) mientras que el tratamiento urea enterrada con inyector de la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N presentó el menor número de hileras por mazorca (12,7 hileras). El testigo absoluto alcanzo 13,25 hileras por mazorca superior a la mayoría de los tratamientos en la dosis de 69 y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N. Sin embargo, no superó a ninguno de los tratamientos de la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N.



**Gráfico 10.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable número de hilera por mazorca.

## 7. Peso granos por mazorca

En el **Cuadro 14**, se presentan los promedios de la variable peso de granos por mazorca. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) presentó el mayor peso de granos por mazorca con 149,29 g, estadísticamente igual a la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) con 144,21g, difiriendo estadísticamente con las dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) con 133,37 g que obtuvo el menor peso de granos por mazorca.

El tratamiento urea enterrado con inyector (T3) presentó el mayor peso de granos por mazorca con 150.65 g estadísticamente igual a los demás tratamientos. Sin embargo, difiere estadísticamente con el tratamiento urea más vinaza en banda (T5), que registro 129,46 g de granos por mazorca.

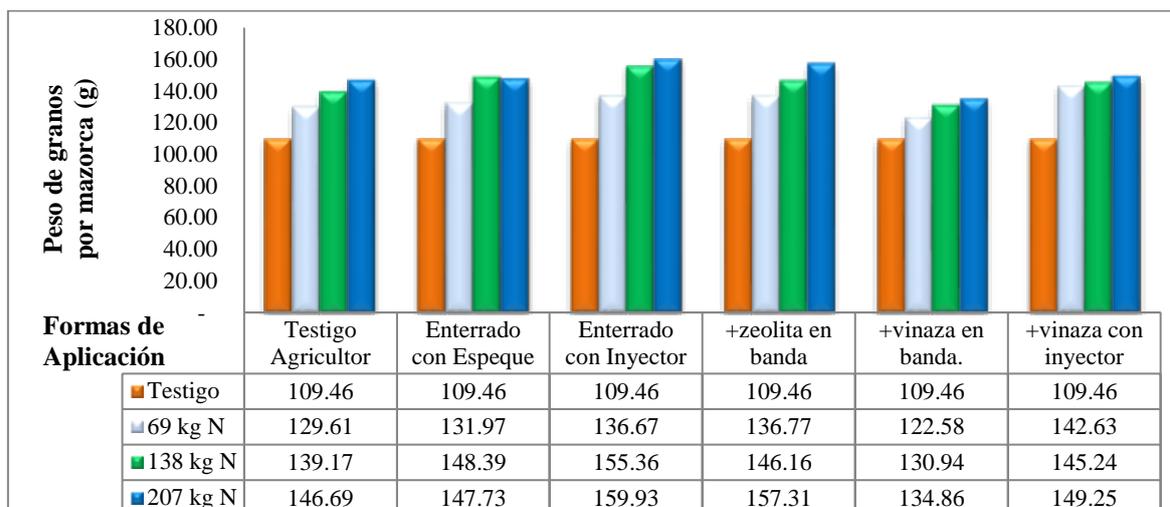
**Cuadro 14.** Promedios del peso de granos por mazorca del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de grano por mazorca (g)	Significancia Estadística
D1	Nitrógeno 69	133,37	b
D2	Nitrógeno 138	144,21	ab
D3	Nitrógeno 207	149,29	a
T1	Testigo Agricultor en banda	138,49	ab
T2	Enterrado con Espeque	142,70	ab
T3	Enterrado con Inyector	150,65	a
T4	+zeolita en banda	146,75	ab
T5	+vinaza en banda	129,46	b
T6	+vinaza con inyector	145,71	ab
MEDIA		142,29	
C.V.			

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 11**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable peso grano por mazorca. Se observa que la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N presentó el mayor peso de grano por mazorca. Mientras que el tratamiento urea más vinaza en banda (T5) obtuvo 122,58 g de granos por mazorca, considerándolo como el de menor peso, en relación a los demás tratamientos. El mejor tratamiento de la dosis 69 kg ha<sup>-1</sup> de N fue el

T6 con 142,63 g, mientras que para la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N el mejor fue el T2 (148,39%) y en la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N su mejor tratamiento fue el T3 (159,93%)



**Gráfico 11.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable Peso de gran por mazorca.

## 8. Peso de tuza

En el **Cuadro 15**, se presentan los promedios de la variable peso de tuza. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (D3) presentó el mayor peso de tuza (33,95 g) sin diferir estadísticamente con la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) con 32,12 g, pero sí difiere estadísticamente con la dosis 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) que obtuvo el menor peso de tuza (29,42 g). El tratamiento urea enterrada con inyector (T3) registró el mayor peso de tuza (33,45 g) estadísticamente igual a los demás tratamientos con excepción del T5 quien difiere estadísticamente porque presentó un menor peso de tuza con 28,40 g.

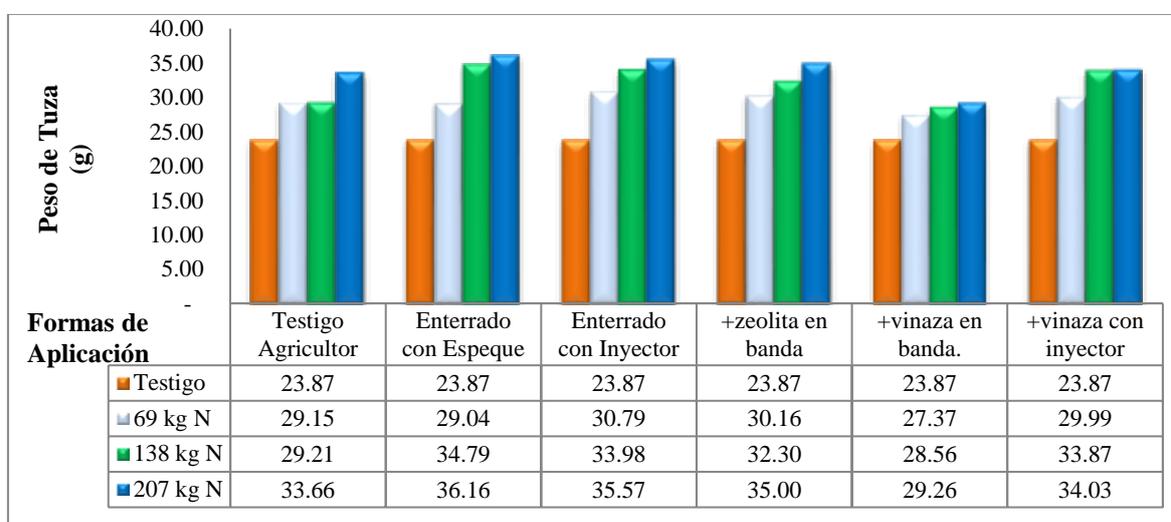
**Cuadro 15.** Promedios del peso de tuza del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso tuza (g)	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	29,42	b
D2	Nitrógeno 138	32,12	ab
D3	Nitrógeno 207	33,95	a
T1	Testigo Agricultor en banda	30,67	abcde
T2	Enterrado con Espeque	33,33	ab
T3	Enterrado con Inyector	33,45	a
T4	+zeolita en banda	32,48	abcd
T5	+vinaza en banda	28,40	e
T6	+vinaza con inyector	32,63	abc
MEDIA		31,83	
C.V		12,60	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 12**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable de peso de tuza, el cual demuestra de una manera más clara como han variado las interacciones. Se observa que la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N fue la que mayor peso de tuza obtuvo, y la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N presentó el menor peso de tuza comparada con las demás dosis.

El tratamiento que presentó el mayor peso de tuza por mazorca fue urea enterrado con espeque (36,16 g) en la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, mientras que le menor peso se presentó en la 69 kg ha<sup>-1</sup> de N en el tratamiento urea más vinaza en banda con 27,37 g.



**Gráfico 12.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable Peso de tuza.

## 9. Rendimiento de grano

En el **Cuadro 16**, se presentan los promedios de la variable rendimiento de grano. La dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> N (D3), generó el mayor rendimiento de grano con 9056,23 kg ha<sup>-1</sup> difiriendo estadísticamente con la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N (D2) con 7978,81 kg ha<sup>-1</sup>, estadísticamente superior a la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N (D1) que registró tener el menor rendimiento (7258,80 kg ha<sup>-1</sup>).

Por otra parte, el tratamiento de urea enterrada con inyector (T3) registró el mayor rendimiento de grano con 8964,77 kg ha<sup>-1</sup>, estadísticamente igual a los tratamientos de urea enterrada con espeque (T2), urea más zeolita en banda (T4) y urea más vinaza inyector (T6), con promedios de 7853,66 y 8761,37 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, estadísticamente superior al tratamiento urea más vinaza en banda (T5) con 7960,67 y 7752,24 kg ha<sup>-1</sup>, difiriendo estadísticamente con el tratamiento de testigo agricultor en banda (T1) dejando a este tratamiento como el de menor rendimiento de grano (7294,96 kg ha<sup>-1</sup>).

**Cuadro 16.** Promedios de rendimiento del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

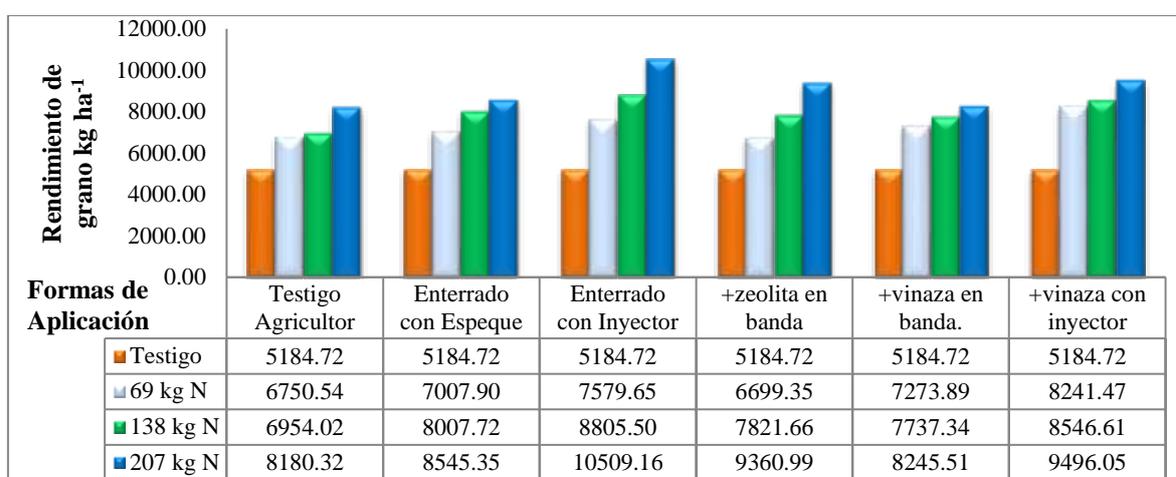
Tratamientos	Fertilizantes y Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento grano kg ha <sup>-1</sup>	Significancia Estadística*
D1	Nitrógeno 69	7258,80	c
D2	Nitrógeno 138	7978,81	b
D3	Nitrógeno 207	9056,23	a
T1	Testigo Agricultor en banda	7294,96	c
T2	Enterrado con Espeque	7853,66	abc
T3	Enterrado con Inyector	8964,77	a
T4	+zeolita en banda	7960,67	abc
T5	+vinaza en banda	7752,24	bc
T6	+vinaza con inyector	8761,37	ab
MEDIA		8097,95	
C.V.		12,11	

\* Las letras iguales no difieren estadísticamente al 5% de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tuckey

En el **Gráfico 13**, se muestran las interacciones de dosis – formas de aplicación de N en la variable Rendimiento de grano. Se muestra claramente como la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N

tuvo el mayor rendimiento de grano. También se observa, que la dosis con menor rendimiento fue 69 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Si se compara el rendimiento por tratamientos, se observa que el mejor tratamiento de este fue ensayo fue urea enterrado con inyector presentando un rendimiento de 10.509,16 kg ha<sup>-1</sup> seguido por el tratamiento urea más vinaza con inyector (9.496,05 kg ha<sup>-1</sup>), mientras que el tratamiento con menor rendimiento fue en primer orden el testigo, (5.184,72 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por urea más zeolita en banda con 6.699,35 kg ha<sup>-1</sup>.



**Gráfico 13.** Interacción Dosis - Formas de aplicación de N en la variable Rendimiento de grano.

## 10. Extracción de Nitrógeno

En el **Cuadro 17**, se observa que en la dosis 69 y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N el tratamiento que presento la menor extracción de N en el grano fue (T2) enterrado con espeque con 71,4 y 74,1 kg ha<sup>-1</sup> de N respectivamente. Mientras que el tratamiento (T3) enterrado con inyector en la dosis 69 y 138 kg ha<sup>-1</sup> de N fueron los que mayor extracción de N presentaron con 93,9 y 99,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Para la dosis más alta 207 kg ha<sup>-1</sup> de N la mayor extracción en el grano la tuvo el tratamiento urea más vinaza con inyector (T6) con 101,7 kg ha<sup>-1</sup> de N y la menor extracción se presentó en el tratamiento testigo agricultor (T1) con 87,4 kg ha<sup>-1</sup> de N en el grano de maíz.

La extracción de N total de la biomasa de la planta de maíz (tuza, panca y hojas) para la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N la mayor extracción la obtuvo el tratamiento urea más zeolita en banda con 74,24 kg ha<sup>-1</sup> de N, mientras que la menor extracción fue el tratamiento enterrado con espeque con 56,7 kg ha<sup>-1</sup> de N. Por otra parte, en las dosis 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, la mayor extracción la obtuvo el tratamiento urea más vinaza con inyector con 92,08 kg ha<sup>-1</sup> de N, mientras que la menor recuperación la obtuvo el tratamiento enterrado con espeque con 56 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Para la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N la mayor extracción la tuvo el tratamiento testigo agricultor con 88,12 kg ha<sup>-1</sup> de N y la menor extracción fue del tratamiento urea más vinaza en banda con 60,18 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Cuadro 17.** Extracción de Nitrógeno del híbrido de maíz INIAP H – 553 evaluado bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno. EET - Pichilingue, 2010.

Dosis	Tratamientos	kg ha <sup>-1</sup> de N				Suma (T+P+F)	Suma total
		Grano	Tuza	Panca*	hojas		
69 kg ha <sup>-1</sup> N	Testigo Absoluto	55,0	12,2	38,9	22,0	73,12	128,1
	Testigo Agricultor	81,3	17,2	24,2	20,4	61,80	143,1
	Enterrado con Espeque	71,4	17,5	21,9	17,3	56,70	128,1
	Enterrado con Inyector	93,9	15,0	28,9	27,6	71,44	165,3
	+zeolita en banda	87,0	13,7	32,6	27,9	74,24	161,3
	+vinaza en banda.	83,0	10,9	32,2	25,5	68,64	151,6
	+vinaza con inyector	77,7	12,3	30,7	23,5	66,56	144,3
138 kg ha <sup>-1</sup> N	Testigo Agricultor	86,4	12,3	33,3	28,9	74,50	160,9
	Enterrado con Espeque	74,1	11,8	30,7	13,4	56,00	130,1
	Enterrado con Inyector	99,4	13,0	35,2	17,3	65,40	164,8
	+zeolita en banda	91,1	12,6	21,5	23,2	57,36	148,5
	+vinaza en banda.	86,7	8,0	37,3	11,6	56,96	143,7
	+vinaza con inyector	94,3	22,4	37,6	32,2	92,08	186,4
207 kg ha <sup>-1</sup> N	Testigo Agricultor	87,4	16,6	45,1	26,4	88,12	175,5
	Enterrado con Espeque	90,9	10,1	34,4	22,8	67,32	158,2
	Enterrado con Inyector	93,1	7,9	34,7	19,6	62,26	155,4
	+zeolita en banda	94,7	10,8	44,3	13,6	68,64	163,4
	+vinaza en banda.	94,5	12,1	27,7	20,4	60,18	154,7
	+vinaza con inyector	101,7	10,1	31,9	23,4	65,40	167,1

\* Panca= tallo + brácteas de la mazorca

## 11. Análisis económico para las alternativas de aplicación de N

En el **Cuadro 18**, se presentan los tratamientos no dominados de las alternativas de aplicación de N de la variable de análisis económico, en tres dosis, cuatro repeticiones y 6 modalidades con un testigo, donde el mayor costo que varían se encontró en la interacción de la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N enterrado con inyector con \$580,60; además el mayor beneficio neto se presentó en esta misma interacción con \$ 1396,37 (**ANEXO 7**).

La mayor tasa de retorno (80%), se observó en la interacción de la dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup> de N enterrado con inyector.

**Cuadro 18.** Análisis Marginal de los tratamientos no Dominados evaluados bajo diferentes modalidades de aplicación y dosis de Nitrógeno en la EET – Pichilingue, 2010.

<b>TRATAMIENTOS</b> <b>Fuentes de N</b>	<b>Kg Nha-1</b>	<b>Costos que varían, \$</b>	<b>Beneficio Neto, \$</b>	<b>IMCV \$ha<sup>-1</sup></b>	<b>IMBN \$ha<sup>-1</sup></b>	<b>TRM %</b>
<b>TESTIGO</b>	<b>0</b>	0	1029,52	0	0	0,00
<b>Testigo agricultor</b>	<b>69</b>	208,20	1061,70	208	32	15,46
<b>Enterrado con espeque</b>	<b>69</b>	208,20	1110,12	208	81	38,71
<b>Enterrado con inyector</b>	<b>69</b>	220,20	1205,68	220	176	80,00
<b>Enterrado con inyector</b>	<b>138</b>	400,40	1256,08	400	227	56,58
<b>Enterrado con inyector</b>	<b>207</b>	580,60	1396,37	581	367	63,18

**TMR** Tasa de Retorno Marginal= **(IMBN/IMCV)\*100**

**IMBN**=Incremento marginal del beneficio neto

**IMCV**=Incremento marginal de costos variables

## V. DISCUSIÓN

Bajo las condiciones que se llevó a cabo la presente investigación, a nivel de campo se demostró las variables antes y después de la cosecha, cuánto se recuperó de N en el cultivo de maíz, su rendimiento, su eficiencia en cuanto a las alternativas aplicadas, además cuanto absorbió la planta de Nitrógeno tomando en cuenta las dosis - tratamientos y su costos de aplicación.

Los resultados obtenidos de esta investigación, en la variable altura de planta fue de 2,00 m, tal como lo indican **Parsons y David (1990)**, los mismos que describen a la estructura del maíz como una planta que presenta de 2,00 a 3,00 m de altura.

**Terranova (2002)**, indica que para que la planta de maíz se desarrolle y produzca, necesita algunos nutrientes en mayores y otros en menores cantidades, como los siguientes: entre los primeros se encuentran N, P, K, S, Ca y Mg y entre los segundos Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni, y Se. Todos estos elementos las plantas los obtienen del suelo, sin embargo, este último no cuenta con los nutrientes necesarios para su normal desenvolvimiento. Por ello en este ensayo se aplicó una fertilización balanceada utilizando como principal elemento el N el mismo que demostró dar buenos resultados en el rendimiento al ser aplicados en dosis diferentes.

Los mayores resultados de rendimiento de este estudio, fueron 9056,23 kg ha<sup>-1</sup> de maíz con la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultados que coinciden con los datos de **INIAP (2010)** en el sentido de que el cultivo produce alrededor de 9054,5 kg ha<sup>-1</sup>.de maíz. Esta dosis sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento.

**Quintero y Boschetti (2011)**, sostienen que la eficiencia en el cultivo de maíz puede ser expresada como las unidades de producto generado en base del fertilizante aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo. Sin embargo estos autores no mencionan la modalidad de aplicación de esas unidades de fertilizante, mediante alternativas para evitar la pérdida de N en el cultivo de maíz, mejorando la eficiencia. En esta investigación se demuestra la influencia de la modalidad de aplicación de N con la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, la misma que superó a la mayor dosis aplicada en este ensayo (207 kg ha<sup>-1</sup> de N).

En esta investigación se aplicó el ANÁLISIS DE EFICIENCIA APARENTE DE RECUPERACIÓN DE N propuesto por **IPNI (2009)**, donde se demuestra que no es necesario aplicar una dosis mayor. Es mejor tener en cuenta la modalidad de aplicación, para obtener una buena recuperación de este elemento, alcanzando un mejor manejo en el cultivo de maíz.

**OCÉANO CENTRUM (2002)**, indica que una de las primeras decisiones que se debe tomar a la hora de cultivar maíz o cualquier otra especie, es elegir la variedad o híbrido más adecuado a las características de la explotación. La calidad de las semillas comerciales, en lo que se refiere a pureza, vigor, germinación, etc, es por regla general muy alta. Pero los autores mencionados no toman en cuenta la modalidad de aplicación de N como un determinante de la eficiencia en el cultivo del maíz.

Para seleccionar el mejor tratamiento económico, los rendimientos obtenidos fueron sometidos a análisis de presupuesto parcial, dominancia de tratamientos y cálculo de la tasa marginal de retorno, de los cuales, los mejores tratamientos obtenidos fueron: (T2) urea enterrada con espeque  $138 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, (T3) urea enterrada con inyector  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, (T4) urea más zeolita en banda  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y (T6) urea más vinaza inyector como menciona el **CIMMYT, (1988)**.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES

- Existe respuesta en rendimiento del Híbrido INIAP H-553 a las modalidades de aplicación a tres dosis (69, 138 y 207 kg ha<sup>-1</sup> de N). De todos los tratamientos, la mayor respuesta de rendimiento de maíz se alcanzó con la dosis de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N en el tratamiento (T3) urea enterrado con inyector donde se obtiene 10.509,16 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por los tratamientos (T6) urea más vinaza con inyector y (T4) urea más zeolita en banda, en los mismos que se obtuvieron 9.496,05 y 9360,99 kg ha<sup>-1</sup> de maíz, respectivamente.
- En recuperación de N en el grano, la mayor extracción la obtuvo el tratamiento urea más vinaza con inyector (T6) 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, donde se logra absorber con 101,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, seguido por el tratamiento (T3) enterrado con inyector a 138 kg ha<sup>-1</sup> de N con 99,36 kg ha<sup>-1</sup> de N.
- La mayor recuperación de N en el resto de la planta (tuza, panca y hojas) fue el tratamiento urea más vinaza con inyector (T5) a 138 kg ha<sup>-1</sup> de N seguido por el tratamiento testigo agricultor 138 y 207 kg ha<sup>-1</sup> de N con 88,12 y 74,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.
- En el Análisis de recuperación aparente de N, todos los tratamientos donde se aplicó 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, a excepción del testigo agricultor presentaron la mejor eficiencia de recuperación de N. Por lo tanto fueron los tratamientos donde se presentó mayor eficiencia.
- En el análisis económico el tratamiento que alcanzó la mayor Tasa de retorno fue (T3) enterrado con inyector 69 kg ha<sup>-1</sup> de N, con una tasa del 80%, seguido por el mismo tratamiento en la dosis de 138 y 207 kg ha<sup>-1</sup> de N, con una tasa de 28 y 78%, respectivamente. Estos tratamientos fueron los dominados entre los 19 tratamientos estudiados.

## **B. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones con este mismo material, tratamientos y dosis en diferentes épocas del año, con la finalidad de obtener mayor información sobre el comportamiento del cultivo.
  
- Realizar esta investigación en otros híbridos comerciales para confirmar la respuesta de estos tratamientos.
  
- Se recomienda por recuperación de N los tratamientos urea más vinaza con inyector 207 kg ha<sup>-1</sup> de N que extrajo, 101,7 kg ha<sup>-1</sup> de N y el tratamiento enterrado con inyector 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, extrajo 99,36 kg ha<sup>-1</sup> de N.
  
- Por eficiencia en recuperación de N se recomienda la dosis de 138 kg ha<sup>-1</sup> de N.
  
- Se recomienda el tratamiento Enterrado con inyector 69 kg ha<sup>-1</sup> de N, ya que este alcanzó la mayor tasa de retorno (80%).

## VII. RESUMEN

La presente investigación se la llevó a cabo en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el cantón Quevedo provincia de Los Ríos, en el 2010. Su principal objetivo fue evaluar la respuesta de diferentes alternativas de aplicación de urea sobre el rendimiento y desarrollo del maíz INIAP H-553.

Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar bajo un arreglo de parcelas divididas, contando con 18 tratamientos, con cuatro repeticiones y un testigo en cada una de las repeticiones en donde se utilizó el híbrido de maíz INIAP H-553, a una distancia de siembra de 0,80 m entre hileras y 0,14 m entre plantas y tres dosis de aplicación de Nitrógeno: 1) 69 kg ha<sup>-1</sup>, 2) 138 kg ha<sup>-1</sup> y 3) 207 kg ha<sup>-1</sup>, sembrados en una densidad poblacional de 80000 plantas ha<sup>-1</sup>.

En esta investigación se evaluaron algunas variables como: altura de planta, porcentajes de mazorcas mal polinizadas, altura de inserción de mazorca, eficiencia del N, porcentaje de mazorcas sanas, porcentaje de mazorcas mal polinizadas, longitud de mazorca, diámetro de la mazorca, número de hileras por mazorca, peso de grano por mazorca, peso de tuza y rendimiento en grano. En todas las variables se realizó el análisis de varianza y los promedios fueron sometidos a la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad, además de efectuó el análisis económico.

La interacción del híbrido de maíz INIAP H-553 obtuvo un mayor rendimiento la aplicación de 207 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en el tratamiento del urea enterrada con inyector con 10509.16 kg ha<sup>-1</sup>

De todos los tratamientos, mayor respuesta de rendimiento de maíz se alcanzó en la dosis 207 kg ha<sup>-1</sup> de N en el tratamiento (T3) urea enterrado con inyector con 10.509,16 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por los tratamientos (T6) urea más vinaza con inyector y (T4) urea más zeolita en banda, los mismos que obtuvieron 9.496,05 y 9360,99 kg ha<sup>-1</sup> de maíz.

Los mejores tratamientos de la dosis  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, fue urea más vinaza con inyector (T6) con  $8241,47 \text{ kg ha}^{-1}$ , y para las dosis  $138$  y  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  de N urea enterrado con inyector (T3) con  $8805,5$  y  $10509,16 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

En recuperación de N en el grano, la mayor extracción la obtuvo el tratamiento urea más vinaza con inyector (T6)  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  de N con  $101,7 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido por el tratamiento (T3) enterrado con inyector a  $138 \text{ kg ha}^{-1}$  de N con  $99,36 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

La mayor recuperación de N en el resto de la planta (sin el grano) fue el tratamiento urea más vinaza con inyector (T5) a  $138 \text{ kg ha}^{-1}$  de N seguido por el tratamiento testigo agricultor  $138$  y  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  de N con  $88,12$  y  $74,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente.

## VIII. SUMMARY

This research was conducted at the Experimental Station of Tropical Pichilingue National Autonomous Institute for Agricultural Research (INIAP), located in Canton Quevedo Los Ríos province, in 2010. Its main objective was to evaluate the response of different alternatives of urea on performance and development of maize INIAP H-553.

Design used a randomized complete block design under a split plot arrangement, with 18 treatments with four replicates and a control in each of the repetitions in which the maize hybrid used INIAP H-553, a distance of planting of 0.80 m between rows and 0.14 m between plants and three nitrogen application rates: 1) 69 kg ha<sup>-1</sup>, 2) 138 kg ha<sup>-1</sup> and 3) 207 kg ha<sup>-1</sup>, planted in a density of 80000 plants ha<sup>-1</sup>.

In this research some variables such as plant height, percentage of poorly pollinated ears, ear insertion height, N efficiency, percentage of healthy pods, percentage of bad pollinated ears, ear length, ear diameter, number of rows per ear, grain weight per ear, weight of grain yield and gopher. All variables were analysis of variance and means were subjected to the test of Tukey at 5% probability, it was conducted an economic analysis.

The interaction of the corn hybrid INIAP H-553 continue found a greater performance the implementation of 207 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen in the treatment of urea buried with injector 10509.16 kg ha<sup>-1</sup>.

Of all the treatment, greater response to return on maize is reached in the dose 207 kg ha<sup>-1</sup> N in treatment (T3) urea buried with injector 10.509,16 kg ha<sup>-1</sup>, followed by the treatment (T6), urea more vinaza jet (T4) urea more zeolite band, the same as obtain 9.496,05 and 9360,99 kg ha<sup>-1</sup> of corn.

The best treatment of the dose 69 kg ha<sup>-1</sup> of N, was more vinaza urea jet (T6) with 8241,47 kg ha<sup>-1</sup>, and for the dose 138 y 207 kg ha<sup>-1</sup> N urea buried with injector (T3) with and 10509,16 8805,5 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

In recovery of N in the grain, the greater extraction the won the treatment urea more vinaza jet (T6) 207 kg ha<sup>-1</sup> N, plus 101.7 kg ha<sup>-1</sup>, followed by the treatment (T3) buried with injector 138 kg ha<sup>-1</sup> N, plus 99,36 kg ha<sup>-1</sup> N.

The greatest recovery of N in the rest of the plant (without the grain) was the treatment urea more vinaza jet (T5) a 138 kg ha<sup>-1</sup> N followed by the treatment witness farmer 138 and 207 kg ha<sup>-1</sup> N, plus 88,12 y 74,5 kg ha<sup>-1</sup> N, respectively.

## IX. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACOSTA, M; SALTO, J del. 1998.** Análisis de Situación y Perspectivas del Maíz Duro en el Ecuador: 1984 – 1991. MAG – PRSA/IDEA. Quito. p.147.
- AMORES, F.; MITE, F.; CARILLO, M. 1995.** Manejo de la fertilización de maíz duro. Quito, Ecuador, INIAP. p. 1-3(Manual técnico No 28.)
- BEG, D. 2011.** Fertilización del cultivo maíz; Fertilización nitrogenada en maíz; Instituto de Investigaciones Agronómicas. Maracay. (En línea). Consultado 30 ene 2011. Disponible en: <http://sian.inia.gob.ve>
- CALERO, E. 2006.** El cultivo de maíz en el Ecuador. Guayaquil, EC. Agripac S.A. 110p.
- CLAVIJO, S. 1984.** Efectos de la fertilización con nitrógeno bajo diferentes niveles de investigación por *Esopfothera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctidac) sobre los rendimientos del maíz. Facultad Agronómica 13 (1-4): 38-73
- FERREIRA, S. E.; MONTENEGRO, O. A. 1987.** Efectos de la aplicación de vinaza con Propiedades químicas, físicas e biológicas do solo. (Boletín Técnico COPERSUCAR v.36,) p.1-7. (Brasil)
- GARGICEVICH, A. 2004.** Sembradoras para maíz. Tres herramientas para mejorar la calidad de siembra. Consultado 15 Junio 2010. Disponible en <http://www.El sitio agricola.com/articulos/gargicevich/sembradorasparamaíztrersherramientaspara mej/orarlacalidaddesiembra.as>
- GROSS, A. 1986,** Abonos guía práctica de la fertilización 7ma. Ed. Trad. Por A. Domínguez V. Madrid, ES, Mundi-Prensa p 173-263
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo) 1995.** Encuesta de superficie y producción agropecuaria por muestreo de áreas. Quito, EC, Departamento de Estadísticas de Recursos Naturales y actividad agropecuaria. p 5 – 7.

**INIAP (Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias), 2010** Boletín informativo N°304, INIAP-553 Híbrido de maíz para la zona Central del Litoral.

**IPNI (International Plant Nutrition Institute), 2009.** Memorias del Simposio “Uso eficiente de nutrientes”, presentado por el IPNI en el XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José Costa Rica. Noviembre 2009. p. 15

**INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo), 1994.** Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Potash & Phosphate Institute, USA. p. G-1 – G-9

**INPOFOS, (Instituto de la Potasa y el Fósforo), 2002.** Su necesidad y su uso en [Agricultura moderna. Instituto de Potasa y el fósforo del Canadá. Impreso en Canadá](#), 44p.

**JUGENHEIMERW, R. 1981.** Maíz; variedad mejoradas, métodos mejorados, métodos de cultivo y producción de semilla. México D.F., Limusa. (En línea). Consultado 26 noviembre 2010. p. 223-225. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s15.htm>

**MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuicultura y Pesca), 2000.** El cultivo de maíz duro (*Zea Mays* L.). Disponible en: [www.maízmag.pdf](#).

**MUÑOS, A.C.; RUÍZ, R.; SOCA; BÁEZ, A.M. 1991.** Determinación de la influencia de la zeolita natural de diferentes yacimientos en el cultivo de maíz. Zeolites´ 91. Memorias de la 3ra. Conferencia internacional sobre ocurrencia, propiedades y usos de las zeolitas naturales. La Habana – CU. 106-107 p.

**N.A. DA Gloria; FILHO, Orlando, J. 1983.** Aplicación de vinaza como fertilizante. Boletín Técnico PLANALSUCAR (Brasil) 5 (1): 5-38.

**OCEANO – CENTRUM, 2002.** Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería. (Editorial Océano) – Cemtrun, Madrid, ES p. 1032.

**PARSONS, M.; DAVID, B. 1990.** Manuales para educación Agropecuaria. Producción Vegetal 10: 9, 12,17

**QUINTERO, C.E. 2009.** Eficiencia del uso del Nitrógeno. Consultado 19 Dic 2009. Disponible en: [WWW.ELSTIOAGRÍCOLA.COM](http://WWW.ELSTIOAGRÍCOLA.COM)

**QUINTERO, C.; BOSCHETTI, G. 2011.** Eficiencia de uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región Pampeana Argentina; Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. (En línea). Consultado 30 ene 2011. Disponible en: <http://www.fertilizando.com>

**ROBLES, R. 1990.** Producción de granos y forrajes. 5 ed. Anáhuac, México. D.F. Limusa. P 9-11

**SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), 2006.** Guía para el cultivo de maíz. Fertilización. Consultado 10 de mayo del 2010. Disponible en: [http://www.sag.gob.hn/dicta/páginas/guía\\_cultivo\\_maiz.htm](http://www.sag.gob.hn/dicta/páginas/guía_cultivo_maiz.htm)

**SALVAGIOTTI, F. 2005.** Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz. EEA INTA Oliveros. BR. 26.

**SICA (Sistema de la Integración Centroamericana), 2009,** El cultivo de maíz (en línea). Consultado en dic. 2009. Disponible en [http://www.sica./cultivo\\_del\\_maíz.htm/cereales/maiz.htm](http://www.sica./cultivo_del_maíz.htm/cereales/maiz.htm) Vegetal 10: 9, 12,17

**TERRANOVA, 1995.** Vida y recursos naturales. T 1. Bogotá, CO. 298 p.

**TERRANOVA. 2002.** Producción agrícola. Editorial Terranova. Bogotá, Co. 284 p.

**TISDALE S.; NELSON, W. 1970.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes, trad, por Balasch., j. C. Barcelona, ES, Montaner y Simón p. 138- 212; 683- 738.

**TORRES, M. 2011.** Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz: Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino. (en línea). Consultado 30 ene 2011. Disponible en: <http://www.fertilizando.com>

**USAID, 2006.** Programa de diversificación Económica Rural. Boletín de producción: el uso agrícola de la Melaza.- consultado 20 Abr del 2010. Disponible en <http://www.Usaid-red.org/proyectosdeinvestigaciónsobreusoymanejodelavinaza/>

**WIKIPEDIA.** Maíz. Enciclopedia libre. (En línea). Consultado 25 feb 2010. Disponible en [http://www.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays/](http://www.wikipedia.org/wiki/Zea_mays/)

**ZEOCOL, 2011.** Fertilización Tradicional En Cultivos De Café –Zeolita Zeocol 20%. Consultado 09 Junio 2011. Disponible en: <http://www.zeocol.org/cosa%20may/zeolita/fertilizaci%c3%93%N%20tradicional%20cultivos%20de%20caf%zeolita.>