



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA**

**“FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE  
EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (*Zea mays L.*)”**

**AUTOR: SANTANA VÉLEZ FERDINAND BERTY**

**DIRECTOR: ENRÍQUEZ JARAMILLO, FREDDY GERMÁN**

**CO DIRECTOR: DESIDERIO, TEODORO XAVIER**

**SANTO DOMINGO**

**2015**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

#### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**”, realizado por el señor **FERDINAND BERTY SANTANA VÉLEZ**, ha sido realizado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **FERDINAND BERTY SANTANA VÉLEZ** para que lo sustente públicamente .

Santo Domingo, 26 de noviembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Freddy Enríquez', written over a horizontal line.

Ing. Freddy Enríquez J. Msc.

**DIRECTOR**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **FERDINAND BERTY SANTANA VÉLEZ**, con cédula de identidad N° 1310428550, declaro que este trabajo de titulación “**FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Santo Domingo, 26 de noviembre del 2015

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Ferdinand B. Santana Vélez'.

---

SANTANA VÉLEZ FERDINAND BERTY

C.C. 1310428550



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **SANTANA VÉLEZ FERDINAND BERTY**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca virtual de la Institución, el presente trabajo de titulación **“FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (Zea mays L.)”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Santo Domingo, 26 de noviembre del 2015

---

SANTANA VÉLEZ FERDINAND BERTY

C.C. 1310428550

## DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y a mis queridos padres por haberme dado la vida para lograr mis objetivos y porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega. A mi querida esposa y mis hijos que son pilares fundamentales en mi vida, mi razón de seguir adelante en mi vida profesional, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en cada momento de mi vida, conociendo así el orgullo que sienten por mí, lo que me hizo ir hasta el final de esta etapa de mi vida profesional. A mis hermanos, tíos, primos, abuelos y amigos, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Ferdinand Bertý Santana Vélez.

## AGRADECIMIENTO

A Dios que nos guía siempre.

A mi esposa e hijos, pilares fundamentales de mi diario vivir.

A mis amados padres y queridos hermanos, por su apoyo incondicional.

A la ESPE, su Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y su personal Docente, por los valiosos conocimientos impartidos.

A mi Director y Codirector de Proyecto, por sus acertadas recomendaciones para el desarrollo de esta Investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para llevar a feliz término este proyecto.

Ferdinand Berty Santana Vélez.

**INDICE DE CONTENIDO****Pág.**

<b>CERTIFICADO.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>

**CAPITULO I**

<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tema de tesis.....	1

**CAPITULO II**

<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Características de Junín como zona maicera.....	4
2.2 Características agronómicas del maíz híbrido dekalb-399.....	4
2.3 Tipos de fertilizantes.....	4
2.3.1 <u>Basacote plus 3 m</u> .....	5
2.3.2 <u>Novatec perfect</u> .....	9
2.3.3 <u>Yaramila</u> .....	10
2.3.4 <u>Urea</u> .....	11
2.4. Dosis de fertilización en maíz.....	12
2.5. Efectos de los nutrientes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz.....	13
2.6. Rendimiento en maíz.....	14

**CAPITULO III**

<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1.1. <u>Ubicación Geográfica (Coordenadas UTM)</u> .....	16
3.1.2. <u>Ubicación</u> .....	16

<u>Ecológica</u> .....	17
3.2. Materiales.....	17
3.2.1 <u>Materiales de Campo</u> .....	17
3.2.2 <u>Insumos</u> .....	
3.3. Métodos.....	17
3.3.1 <u>Diseño Experimental</u> .....	17
<b>3.3.1.3.</b> Factor en estudio.....	17
<b>3.3.1.4.</b> Tratamientos en estudio.....	18
<b>3.3.1.5.</b> Tipo de diseño.....	18
<b>3.3.1.6.</b> Repeticiones o bloques.....	19
<b>3.3.1.7.</b> Características de la UE.....	19
<b>3.3.1.8.</b> Croquis del diseño.....	19
3.3.2 <u>Análisis Estadístico</u> .....	20
3.3.2.1. Esquema de análisis de varianza.....	20
3.3.2.2. Coeficiente de variación.....	20
3.3.2.3. Análisis funcional.....	20
3.3.2.4. Polinomios ortogonales.....	21
3.4 Análisis económico.....	21
3.5 Variables evaluadas.....	21
3.6 Metodología para el último objetivo.....	21
3.7 Métodos específicos del manejo del experimento.....	21
3.7.1 <u>Preparación del Suelo</u> .....	21
3.7.2 <u>Análisis Químico de Suelo</u> .....	22
3.7.3 <u>Siembra</u> .....	22
3.7.4 <u>Control de Malezas</u> .....	22
3.7.5 <u>Monitoreo y Control de Plagas</u> .....	22
3.7.6 <u>Fertilización</u> .....	23
3.7.7 <u>Cosecha</u> .....	24
3.8 Datos a tomarse y métodos de evaluación.....	24
3.8.1 <u>Porcentaje de Germinación</u> .....	24
3.8.2 <u>Altura de Planta</u> .....	24
3.8.3 <u>Días a la Floración</u> .....	24
3.8.4 <u>Inserción de la Mazorca</u> .....	24

3.8.5	<u>Rendimiento</u> .....	25
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>26</b>
4.1	Porcentaje de germinación.....	26
4.2	Altura de planta.....	27
4.3	Días a la floración.....	30
4.4	Inserción de la mazorca.....	34
4.5	Rendimiento.....	36
4.6	Análisis económico.....	40
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>45</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los fertilizantes de liberación controlada...	8
Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los fertilizantes compuestos complejo (Mezcla química).....	11
Cuadro 3. Composición química de los fertilizantes de liberación lenta, estabilizadas con inhibidor de nitrificación y mezcla química compleja y simple.....	12
Cuadro 4. Tratamientos del ensayo: Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz. Junín. 2014.....	18
Cuadro 5. Esquema del ADEVA.....	20
Cuadro 6. Tipos de fertilizantes y dosis utilizados en los diferentes tratamientos..	23
Cuadro 7. Cuadros medios de los análisis de varianza para el porcentaje de germinación, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.....	26
Cuadro 8. Cuadros medios de los análisis de varianza para la altura de planta a los 30, 60 y 90 dds, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.....	28
Cuadro 9. Cuadros medios de los análisis de varianza para días a la floración, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.....	30
Cuadro 10. Cuadros medios de los análisis de varianza para inserción de la mazorca, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.....	35
Cuadro 11. Cuadros medios de los análisis de varianza para rendimiento, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.....	37
Cuadro 12. Análisis de la relación beneficio – costo de los diferentes tratamientos en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema de un gránulo de fertilizante recubierto y su mecanismo de acción.....	6
Figura 2. Ubicación geográfica de la Hcda. Mendoza.....	16
Figura 3. Efecto de la aplicación del fertilizante Basacote vs Novatec - Yaramila sobre el porcentaje de germinación en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	27
Figura 4. Efecto de la aplicación de fertilizante entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la altura de planta a los 60 dds en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	29
Figura 5. Efecto de la aplicación de fertilizante entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la altura de planta a los 90 dds en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	29
Figura 6. Efecto de la fertilización en maíz sobre los días a la floración. Junín. 2015.....	31
Figura 7. Efecto de la aplicación del fertilizante Basacote vs Novatec - Yaramila sobre la incidencia en días a la floración en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	32
Figura 8. Efecto de la aplicación del fertilizante Yaramila vs Basacote - Novatec sobre la incidencia en días a la floración en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	32
Figura 9. Relación entre los niveles de fertilización sobre los días a la floración. Junín. 2015.....	33
Figura 10. Relación entre dosis de fertilizante Basacote y los días a la floración. Junín. 2015.....	35
Figura 11. Efecto de la aplicación de fertilizantes entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la inserción de la mazorca en el cultivo de maíz. Junín. 2015.....	36
Figura 12. Efecto de la fertilización en maíz sobre el rendimiento (kg/ha). Junín. 2015.....	38
Figura 13. Rendimiento de maíz por kg de N aplicado en cada tratamiento. Junín. 2015.....	39

## RESUMEN

A nivel mundial y en nuestro país durante los últimos años se ha intensificado el uso de híbridos de maíz, siendo una de las causas más importantes que impiden alcanzar el máximo potencial de rendimiento, el desconocimiento de formas eficientes de aplicar los fertilizantes en cuanto a localización, dosis, fuente y épocas de aplicación apropiadas. El presente trabajo de investigación estudió el efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento del maíz en Junín, Manabí, donde se evaluaron tres tipos de fertilizantes en tres diferentes dosis cada uno. En el ensayo utilice un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones, adicionalmente se realizó la prueba de significación Tukey al 5% para los tratamientos; en las variables porcentaje de germinación y altura de planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas para ninguna fuente de variación, El uso del fertilizante yaramila permitió acortar ligeramente los días a la floración en relación a los FLC, Las plantas con tecnología del agricultor, presentaron una altura de inserción de mazorca menor al resto de tratamientos. Estadísticamente no se encontraron diferencias para el rendimiento de maíz en ninguna fuente de variación, analizando los promedios, dosis bajas de basacote y medias de novatec presentaron los mejores rendimientos; La relación beneficio costo sugiere que, económicamente es más rentable fertilizar el cultivo de maíz con la tecnología del productor (349,49 Kg de Úrea/ha), dosis baja (443,88 Kg de Yaramila/ha) y dosis media (926,02 Kg de Yaramila/ha) del fertilizante de mezcla química compleja.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **MAÍZ**
- **FERTILIZANTES**
- **YARAMILA**
- **BASACOTE**
- **NOVATEC**

## SUMMARY

In the recent years, the use of hybrid corn has been intensified globally and in our country. However, one of the major causes that prevent reaching the maximum yield potential are the lack of efficient ways to apply fertilizer in terms of location, rate, source, and application in appropriate times. This research studied the effect of controlled release fertilizers on the growth and yield of corn plants in Junin, Manabi, where three types of fertilizers were evaluated in three different doses each. For the trial a Randomized Complete Block Design was used, with four replications. In addition the Tukey significance test was performed at 5% for treatments. In the variables: percentage of germination and plant height differences, were not statistically significant for any source of variation. The use of the fertilizer Yaramila, slightly allowed to shorten days to flowering in relation to FLC. The plants with the Farmer's Technology, showed an insertion height of the cob less than other treatments. Statistically, no differences for corn yield were found in any source of variation, by analyzing the average. Low-doses of Basacote, and medium dose of Novatec, presented the best performance. The cost benefit ratio suggests that, economically it is more profitable to fertilize corn cultivation with the Farmer's Technology (Urea: 349.49 kg / ha), low doses (Yaramila: 443.88 kg / ha), and medium doses (Yaramila: 926.02 kg / ha) of complex fertilizer chemical mixture.

### KEYWORDS:

- **CORN**
- **FERTILIZERS**
- **YARAMILA**
- **BASACOTE**
- **NOVATEC**

## **“FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (*Zea mays L.*)”**

### **I. ANTECEDENTES**

La producción mundial de maíz, se estima en más de 800 millones de toneladas por año, de éstas 730 millones son de maíz amarillo y 70 millones de maíz blanco. El maíz amarillo se destina para la agroindustria (elaboración de balanceados, biocombustible entre los principales), y el maíz blanco para consumo humano (Cruz, 2013).

Ecuador en el año 2013 sembró 280000 ha de maíz, generando una producción de 1,2 millones de toneladas. Para la industria de balanceados se importan 300000 toneladas, lo que hace prever que el Ecuador estará en condiciones de exportar maíz en 2015, una vez que se alcance una producción de 1,7 millones de toneladas de gramínea, previstas para ese año (Andes, 2014).

A nivel mundial y en nuestro país durante los últimos años se ha intensificado el uso de híbridos de maíz que producen sobre las 7 t/ha. Una de las causas más importantes que impiden alcanzar el máximo potencial de rendimiento del cultivo, es el desconocimiento de formas eficientes de aplicar los fertilizantes en cuanto a localización, dosis, fuente y épocas de aplicación apropiadas.

El fertilizante que no es aprovechado por el cultivo representa una pérdida económica para el productor agropecuario, esta situación ocurre cuando la dosis de los nutrientes utilizados se encuentra por encima de los requerimientos del cultivo o cuando la oferta y la demanda de nutrientes por el cultivo están desfasadas en el tiempo. Desde el punto de vista tecnológico estas pérdidas se pueden minimizar optimizando la dosis y momento de aplicación del fertilizante. Para ello es necesario utilizar métodos de diagnóstico apropiados para calcular la dosis a aplicar y fertilizar en el momento más cercano a la máxima demanda del cultivo (Rimski-Korsakov et al., 2006).

La nutrición en maíz es uno de los temas al que hay que prestarle más atención cuando de aumentos de rendimientos se trata. Para lograr altos rendimientos es necesario que las plantas tengan a su disposición, en tiempo y en forma, los nutrientes que necesitan para su máximo desarrollo. Si se comprueba, mediante el análisis del suelo, que estos nutrientes no están en cantidad suficiente, se impone la fertilización química.

Es por ello que se debe pensar en alternativas que permitan disminuir la contaminación del suelo y los acuíferos, para lo cual los fertilizantes de lenta liberación y de liberación controlada se presentan como una alternativa, ya que por un lado limitan la disponibilidad de un nutriente para la planta y por otro, extienden en el tiempo la disponibilidad de ese nutriente para el cultivo, a diferencia de los fertilizantes convencionales, que liberan los nutrientes de inmediato. En el caso de los fertilizantes de liberación controlada los patrones de entrega, en cantidad y tiempo, se pueden predecir aunque dentro de ciertos límites (Watson, 2014).

Con estos antecedentes, en el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de los fertilizantes de liberación controlada en el desarrollo y productividad del maíz, promoviendo así una agricultura competitiva, sustentable y amigable con el ambiente.

La investigación planteó el siguiente objetivo general:

- Evaluar el efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento del maíz en Junín, Manabí.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar el tipo de fertilizante de acción controlada y dosis que provoque las mejores respuestas en el desarrollo y rendimiento del maíz.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables: porcentaje de emergencia, altura de planta e inserción de la mazorca.

- Realizar el análisis económico de los diferentes tratamientos empleando la metodología del análisis beneficio/costo (AB/C).
- Difundir la metodología y los resultados relevantes que deriven de la investigación a estudiantes, agricultores mediante un día de campo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE JUNÍN COMO ZONA MAICERA

El INEC (2010), menciona que el cantón Junín tiene como cultivo principal para su sustento económico al maíz, con una superficie sembrada de 1900 ha, lo que representa el 7,8 % de la superficie de este cantón. Siendo sembrado por pequeños y medianos productores constituye una de las principales fuentes de empleo de la zona, cuyas características climáticas (ver ítem 3.1.2 pág. 22) y de suelos se adaptan muy bien para el desarrollo y producción de este cultivo.

### 2.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL MAÍZ HÍBRIDO

#### **Dekalb-399**

A continuación se detallan las características agronómicas del maíz híbrido Dekalb-399 establecidas por la empresa AGRIPAC, 2012:

Días a la floración	:	59
Días a la cosecha	:	120
Altura de planta (cm)	:	280
Altura de inserción a mazorca (cm)	:	165
Enfermedades	:	Tolerante
Número de hileras por mazorca	:	16 - 18
Color de mazorca	:	Amarillo anaranjado
Textura del grano	:	Semicristalino
Relación grano/tusa	:	80/20
Potencial de rendimiento (kg/ha)	:	9370*

\*Rendimiento combinado registrado en ensayo experimental INIAP 2011 (AGRIPAC, 2012).

### 2.3 TIPOS DE FERTILIZANTES

Según INIAP (2008), la fertilización es un factor decisivo en los cultivos y determinan los siguientes objetivos económicos: a) Reducción de costos; b) Aumento del

beneficio por unidad de superficie y por unidad de fertilizante aplicado. Los efectos en el cultivo y su relación con los objetivos económicos determinan los puntos a seguir en lo referente a dosis, tipos de fertilizantes y su forma de aplicación de acuerdo a las condiciones reales de la explotación agrícola.

Los fertilizante de liberación controlada y lenta, presentan características que garantizarían la eficiente asimilación de los elementos nutritivos como el nitrógeno y potasio los cuales son recubiertos en una capa interna de azufre y una doble capa externa de polímero patentado, que controlarían la liberación del elemento activo hacia el suelo o medio del cultivo desde 2 a 6 meses, favoreciendo el ahorro en mano de obra, uso de menos fertilizantes y en mayor aprovechamiento del mismo (Mora, 2013).

Los fertilizantes de liberación controlada (FLC) presenta las siguientes características: 1) Puede aplicarse de una única vez para todo el ciclo de cultivo, proveyendo la cantidad necesaria de nutrientes para un óptimo crecimiento. 2) Tiene la máxima recuperación porcentual del nutriente aplicado, lo que maximiza la rentabilidad por su uso, y 3) Tiene un mínimo impacto de daño ambiental, ya sea sobre el suelo, el agua y la atmósfera (Trenkel, 1997, citado por Melgar, 2005).

Las tecnologías para los nuevos fertilizantes mejorados denominados FLC se pueden conseguir por vías químicas, físicas o biológicas, así como por una combinación de ellas. Las diversas posibilidades son: a) Baja solubilidad en el suelo de un compuesto natural o sintético, b) Biodegradación de productos naturales o sintéticos, c) Encapsulación de un fertilizante, fácilmente soluble o no, en una membrana, d) Distribución de nutrientes en una matriz, la cual a su vez puede ser recubierta, e) Materiales cambiadores de iones, f) Aditivos a los fertilizantes o fertilizantes estabilizados (García, 1992).

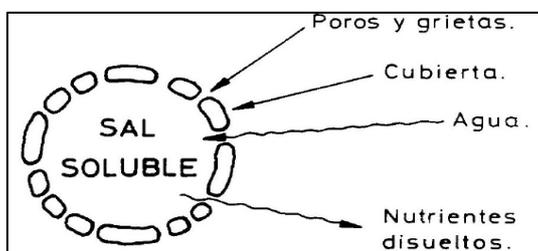
### **2.3.1 Basacote Plus 3 M**

Están recubiertos por barreras físicas de un material insoluble, o muy poco soluble, que impide el acceso masivo de agua disolvente al granulo de la sustancia fertilizante propiamente dicha (fig. 1). El agua penetra a través del recubrimiento mediante un proceso de difusión, o por los poros o grietas presentes; éstos son

generados en el proceso de fabricación y manipulación del fertilizante, o por la acción de los microorganismos en aquellas cubiertas que son biodegradables, (García, 1992).

El ritmo de liberación de nutrientes depende de la existencia de poros y grietas en la cubierta, así como del grosor de ésta en función del tamaño del gránulo. La presencia de los citados poros y grietas se debe controlar exhaustivamente en el proceso de fabricación, con este fin se emplean mezclas de dos o más materiales cubrientes, o se incorporan ceras o aceites como agentes sellantes (García, 1992).

La disolución formada en el interior del gránulo fertilizante conduce a un aumento de la presión osmótica que la obliga a fluir lentamente al exterior, por las mismas causas por los que penetró el agua. El diseño de la cubierta debe tener en cuenta que sea suficientemente resistente, ya que si ocasionalmente la sobrepresión fuera excesiva se produciría una ruptura completa y la liberación total e instantánea de los nutrientes disueltos, por lo que no se alcanzaría los beneficios propios de este tipo de fertilizante (García, 1992).



**Figura 1.** Esquema de un gránulo de fertilizante recubierto y su mecanismo de acción

INFOAGRO (2001), menciona que estos fertilizantes se presentan en forma de gránulos envueltos en una membrana semipermeable que está constituida por una sustancia insoluble o de baja solubilidad en agua. La disolución del fertilizante se produce lentamente conforme el agua va atravesando el recubrimiento. La membrana se va rompiendo, debido al gradiente de presión osmótica (mayor en el interior del gránulo), liberando los nutrientes de forma progresiva.

COMPO EXPERT (2014), menciona que los materiales cubrientes deben conjugar diversas propiedades: poco solubles, inactivos (aunque algunos cubrientes en fase de investigación incluyen compuestos catalizadores de alguna reacción), inocuos, biodegradables, de fácil aplicación y buena efectividad a concentraciones bajas.

El mismo autor menciona que el fertilizante recubierto por polímero, denominado Basacote, está recubierto por un polímero o membrana elástica denominado poligen WE 3. Este tipo de tecnología, considerada mundialmente como la más innovadora y evolucionada en lo que respecta a fertilizantes especiales, asegura por un proceso físico de difusión una liberación estrictamente controlada en el tiempo de los nutrientes contenidos en cada gránulo de fertilizante. Esta acción controlada permite adaptar perfectamente la fertilización a los requerimientos del cultivo, minimizando además las pérdidas de nutrientes por lavado y asegurando muy bajos efectos salinos.

Por lo general la duración de este tipo de fertilizante en el suelo va de 2 a 12 meses, la liberación de los nutrientes contenidos en el gránulo ocurre en función de la temperatura, con temperaturas más altas aumenta la liberación y con temperaturas más bajas se ralentiza, de esta forma se consigue una liberación según la actividad metabólica de las plantas (COMPO EXPERT, 2014).

Los fertilizantes recubiertos por polímeros permiten la liberación de forma controlada únicamente en función de la temperatura del suelo, a mayor temperatura mayor liberación; su longevidad de liberación puede ser determinada en forma exacta y pueden ser aplicados de forma localizada cerca del sistema radicular.

COMPO EXPERT (2014), menciona que los fertilizantes recubiertos presentan ciertas ventajas para evitar la contaminación del suelo y obtener mejores rendimientos, pero también existen desventajas que se describen en el cuadro 1.

**CUADRO 1.** Ventajas y desventajas de los fertilizantes de liberación controlada

<b>FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA (FLC)</b>	
<b>VENTAJAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los gránulos poseen una membrana resistente que conserva sus propiedades durante todo el período acción.</li> <li>• Los gránulos al contactar directamente con las raíces no las queman.</li> <li>• Poseen diferentes plazos de acción desde 3 hasta 24 meses (a la temperatura media de 21°C).</li> <li>• Cuando las sustancias nutritivas se liberan de la cápsula su membrana se descompone por los microorganismos de suelo.</li> <li>• La membrana de plasma polimérica de la cápsula está fijada con las partículas del fertilizante por los enlaces químicos y no se disuelve en el agua.</li> <li>• Reducción del número de fertilizaciones al año.</li> <li>• Favorece el crecimiento permanente sin crecimientos excesivos, es decir permite un crecimiento uniforme del cultivo de acuerdo a sus necesidades nutricionales a lo largo de su ciclo de vida.</li> <li>• No hay pérdidas por lavado (nitrógeno en forma de nitrato, se lava y queda fuera del alcance de las raíces).</li> <li>• Son fertilizantes complejos químicamente homogéneos (cada gránulo contiene lo que dice la etiqueta).</li> <li>• Optimizan el desarrollo del sistema radicular asegurándose una mejor nutrición y mayor resistencia a la falta de agua.</li> <li>• Ninguna o casi ninguna pérdida por drenaje o absorción del suelo si lo utilizamos en dosis adecuadas.</li> <li>• Reduce las necesidades de fertilizante a aplicar, es decir, menos kg por unidad de superficie.</li> <li>• Las aplicaciones se pueden realizar por ciclo productivo y con las necesidades nutricionales de las plantas que queremos fertilizar.</li> <li>• Minimiza los riesgos de rotura de gránulos.</li> <li>• Garantizan eficiencia y respeto al medio ambiente.</li> </ul>	
<b>DESVENTAJAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ante lluvias fuertes, los fertilizantes recubiertos por polímeros tienden a florar y moverse del sitio de aplicación.</li> <li>• El descenso de la temperatura, provoca una menor liberación de nutrientes a partir del fertilizante y a su vez, una menor demanda de ellos por parte de las plantas.</li> </ul>	

FUENTE: COMPO EXPERT, 2014.

### 2.3.2 Novatec Perfect

El Novatec Perfect es un fertilizante compuesto, inhibidores de la nitrificación que, por un cierto período de tiempo, retrasan el primer paso de la nitrificación en el suelo, esto es la oxidación bacteriana del ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), mediante la inhibición de las bacterias *Nitrosomonas*. Normalmente los inhibidores de la nitrificación no tienen efecto sobre el segundo paso de la nitrificación, esto es la transformación del nitrito a nitrato, mediada por bacterias del género *Nitrobacter* (Zerulla *et al*, 2001 citado por Gardiazabal, 2007).

La incorporación de los inhibidores de la nitrificación a las prácticas de fertilización de los cultivos provoca que el N en el suelo permanezca en forma de  $\text{NH}_4^+$  durante un mayor período de tiempo, el que debido a su carga, queda fijado en el complejo arcillo-húmico del suelo, evitándose así las pérdidas de N como  $\text{NO}_3^-$ , que es altamente soluble en el suelo y susceptible a ser lixiviado en profundidad, contaminando las aguas subterráneas (Zerulla *et al*, 2001 citado por Gardiazabal, 2007).

INFOAGRO, (2014), menciona que los fertilizantes inhibidores de la nitrificación son productos que persisten en el suelo de 2-3 meses y se elimina por volatilización y degradación a otros compuestos. Dicha persistencia depende fundamentalmente de tres factores: textura del suelo (aumenta el tamaño de las partículas, disminuye la persistencia del producto), contenido de materia orgánica (la persistencia aumenta con dicho contenido, ya que el producto queda retenido en la materia orgánica) y temperatura del suelo (al aumentar la temperatura, disminuye la persistencia del producto, ya que aumenta su velocidad de degradación. Por otro lado, el aumento de la temperatura favorece la actividad de los microorganismos nitrificantes).

COMPO EXPERT, (2014), menciona que los fertilizantes estabilizados inhibidores de la nitrificación brindan las siguientes ventajas: Disponibilidad inmediata y prolongada de Nitrógeno absorbible por la planta; mejora la absorción de los micronutrientes en el suelo (acidifica la rizósfera); mayor absorción de Fósforo en el suelo; aumenta la floración (yemas que van a flor); aumenta calibres y

producción (mayor síntesis de citoquininas); reducción de contaminación de aguas subterráneas por nitrato; mayor rendimiento y calidad del cultivo.

Dada su gran volatilidad, este producto debe enterarse al menos a 5 cm de profundidad, antes de que haya transcurrido una hora desde su aplicación. Sin embargo, esto no es necesario cuando se aplica con amoníaco anhidro, ya que la nitrapirina es soluble en éste.

### **2.3.3 Yaramila**

Los fertilizantes Yaramila son fertilizantes de complejo químico granulado, donde cada gránulo aporta todos los nutrientes indicados en su fórmula. Además de contener macronutrientes principales (NPK), cuenta en su fórmula con macroelementos secundarios (Mg y S) y también microelementos (YARA, 2014).

Contiene nutrientes de elevada eficiencia. Es un fertilizante recomendado para aplicaciones de arranque (basales) y también para aplicaciones complementarias posteriores durante el desarrollo del cultivo. Especialmente indicado para aquellos cultivos con alta sensibilidad al cloro y suelos con alta salinidad.

CASAFE, (2010), menciona que los fertilizantes compuestos complejos presentan las siguientes ventajas y desventajas, que se muestran en el cuadro 2.

**CUADRO 2.** Ventajas y desventajas de los fertilizantes compuestos complejo  
(Mezcla química)

VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ausencia de material inerte (de relleno, sin valor de nutrición).</b></li> <li>• <b>Producto de grano homogéneo, consistente, aún con el movimiento, manejo y almacenamiento.</b></li> <li>• <b>Simplificación de las faenas en la finca con el consiguiente ahorro de tiempo.</b></li> <li>• <b>Economía de mano de obra y fuerza de tracción, que es el resultado de suprimir la operación de mezcla en la finca y repartir dos o tres elementos de una sola vez.</b></li> <li>• <b>Mezclas mejor realizadas, más homogéneas, suprimiendo las posibles equivocaciones que se cometan al mezclar los abonos simples.</b></li> <li>• <b>Aportación de varios elementos nutritivos a la vez, lo que evita las carencias en cualquiera de ellos.</b></li> </ul>
DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Poco acceso por parte de pequeños productores debido a que son más caros.</b></li> <li>• <b>No pueden ser utilizados en plantaciones de cultivos orgánicos.</b></li> <li>• <b>Modifican las condiciones del suelo al no tener un buen manejo mediante el uso indiscriminado de estos.</b></li> <li>• <b>El mal uso de estos fertilizantes contribuye al cambio climático y al calentamiento global.</b></li> </ul>

FUENTE: CASAFE, 2010

#### 2.3.4 Urea

Urea, también conocida como carbamida, es el nombre del ácido carbónico de la diamida, cuya fórmula química es  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ . La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco. Comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación (DQI, 2014).

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. El grano se aplica al suelo, el cuál debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias. La aplicación puede hacerse en el momento de la siembra o antes. Luego el grano se hidroliza y se descompone. Debe tenerse mucho cuidado en la correcta aplicación de la urea al suelo. Si ésta es aplicada en la superficie, o si no se incorpora al suelo, ya sea por correcta aplicación, lluvia o riego, el amoníaco se vaporiza y las pérdidas son muy importantes. La carencia de

nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética.

En el mercado existen diferentes tipos y clases de fertilizantes que se utilizan para la nutrición de las plantas, en el cuadro 3 se detallan la composición química de cuatro de ellos.

**CUADRO 3.** Composición química de los fertilizantes de liberación lenta, estabilizada con inhibidor de nitrificación, mezcla química compleja y simple.

Fertilizante	BASACOTE 3M	NOVATEC PREMIUM	YARAMILA ACTYVA	UREA
Macro nutrientes				
<b>Nitrógeno total (N)</b>	16 %	15 %	27 %	46%
<b>(N) amoniacal</b>	8,6 %	8 %	15,2 %	---
<b>(N) nítrico</b>	7,4 %	7 %	11.8 %	---
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	8%	3 %	5 %	---
<b>Potasio (K<sub>2</sub>O)</b>	12 %	20 %	5 %	---
<b>Magnesio</b>		3 %	---	---
Micronutrientes:				
<b>Boro (B)</b>	0,02 %	0,02 %	---	---
<b>Cinc (Zn)</b>	0,02 %	0,01 %	---	---
<b>Fierro (Fe)</b>	0,4 %	0,06 %	---	---
<b>Azufre (S)</b>	5 %	10 %	3 %	---
<b>Molibdeno (Mo)</b>	0,015 %	---	---	---
<b>Manganeso (Mn)</b>	0,06 %	---	---	---
<b>Cobre (Cu)</b>	0,05 %	---	---	---

FUENTE: COMPO EXPERT, 2014. YARA, 2014

## 2.4 DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ

TROPICALCIS (2008), recomienda que se realice la fertilización fraccionada en 3 etapas: (1) momento de siembra, (2) cuando la planta tenga 6 a 8 hojas, y (3) a los 45 días después de siembra (dds). Los valores de fertilizantes presentados deben estar sujetos a los resultados del respectivo análisis de suelos.

COMPO EXPERT (2014), menciona que para fertilizar un cultivo se debe aplicar de 30 a 90 kg Basacote plus 3M. Además el mismo autor indica que al utilizar Novatec Premium para fertilizar un cultivo se debe aplicar 300 kg de este

fertilizante/ha. Yara (2014), recomienda la aplicación de 300 kg de Yaramila por hectárea.

Amores, citado por Reyes (2000), sugiere la aplicación de 5 sacos de urea/ha en siembras mecanizadas. La dosis recomendada, se divide en dos fracciones iguales. La primera a los 15 días después de la siembra (dds) y la otra a los 30 días. La urea, se distribuye formando una banda a unos 20 cm al costado de las hileras del cultivo.

## **2.5 EFECTOS DE LOS NUTRIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ**

La liberación de nutrientes depende de la temperatura del suelo o sustrato, la cual está estrechamente ligada a las necesidades de nutrición de las plantas. Un aumento de la temperatura acelera la liberación de nutrientes e implica una mayor actividad metabólica de las plantas y viceversa. La mayoría de productos de liberación controlada, están especialmente diseñado para climatologías con temperaturas extremas (oscilaciones térmicas acusadas), evitando problemas de roturas de membranas y daños causados por salinidad (liberación del fertilizante). Los ratios de liberación no se ven influenciados por otros factores como pH, porcentaje de materia orgánica, actividad bacteriana, tipo de suelo, agua o contenido en sales (Projar, 2013; citado por Andrade, 2014).

El fertilizante “ideal” debe tener las siguientes características: (1) Precisar de solo una única aplicación a lo largo de todo el ciclo para proveer la cantidad necesaria de nutrientes para una producción óptima, (2). Además que sea eficiente con solo una única aplicación para lograr el máximo retorno económico del insumo, y tener un mínimo efecto negativo sobre el suelo, el agua y la atmósfera (Melgar, 2012).

El principio de los fertilizantes de liberación controlada se basa en que son nutrientes recubiertos por capas de polímeros biodegradables que van a permitir su liberación de forma controlada en función únicamente de la temperatura y humedad del suelo; por lo tanto, una mayor liberación se producirá cuando estos factores aumentan, lo que coincide con el incremento de las necesidades de las plantas (Blaylock, 2003).

Para Uhart y Andrade (1995), el nitrógeno puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo. Deficiencias severas de nitrógeno (N) no disminuyeron el número final de hojas por planta y redujeron principalmente la tasa de expansión foliar con un leve impacto sobre la tasa de aparición foliar. Ello disminuyó el índice de área foliar (m<sup>2</sup> de hojas por m<sup>2</sup> de suelo) hasta un 60%, así como también la duración del área foliar verde.

Uhart y Andrade (1995), indica que las deficiencias de N reducen el rendimiento en grano afectando tanto el número de grano (NG) como el peso de los granos. Dentro de los componentes del NG, las espigas por planta y los granos por espiga son los más afectados. La mayor parte de la pérdida de granos se debe a fallas en la fertilización y/o incrementos en el aborto de granos. La reducción del número potencial de óvulos por espiga producida por el estrés de N osciló entre el 1 y 8% mientras que la pérdida de granos por espiga debido a fallas en la fertilización más aborto varió entre 32 y 38% para los tratamientos no estresados y entre 38 y 82% para los tratamientos estresados. De manera similar, reducciones de luz, deficiencias de N, sequía, alta densidad poblacional y retraso en la fecha de siembra han aumentado principalmente el aborto de granos con ligeros o nulos efectos sobre la morfogénesis.

Cordi *et al.* (1997), mencionan que las deficiencias de N redujeron el peso de los granos entre 9 y 25%; así como el rendimiento en grano entre 14 y 80% respecto de los tratamientos no estresados. El N puede disminuir el peso de los granos afectando la fuente de asimilados (menor tasa fotosintética y duración del área foliar) durante el llenado y posiblemente el número de células endospermáticas y gránulos de almidón en postfloración temprana. El estrés de N afectó la duración del llenado de granos sin modificar la tasa de llenado.

## **2.6 RENDIMIENTO EN MAÍZ**

La productividad nacional actual del maíz duro, en términos de rendimientos, fluctúa entre 1.5 t/ha a nivel de pequeños agricultores con tecnología tradicional y los 3.7 t/ha para el nivel tecnificado, en las mejores condiciones edafo-climáticas de la

provincia de Los Ríos, el rendimiento promedio ponderado nacional es de 2 t/ha; con un costo de producción estimado en 732 dólares por hectárea. A nivel mundial, los rendimientos promedios son del orden de 4 t/ha. El rendimiento en EE.UU. es de 7.9 t/ha, en Argentina 5 t/ha; esto nos da una idea de que mediante la aplicación de la técnica con los recursos humanos y financieros para ello, el Ecuador podría duplicar sus rendimientos actuales (Rizzo, 2001).

Medina (2003), indica que: “la media de producción de maíz duro en el Ecuador es de 2.1 t/ha, en Colombia es de 1.5 tm/ha, en Argentina es de 4.5 t/ha y en los EE.UU es de 8.0 t/ha”.

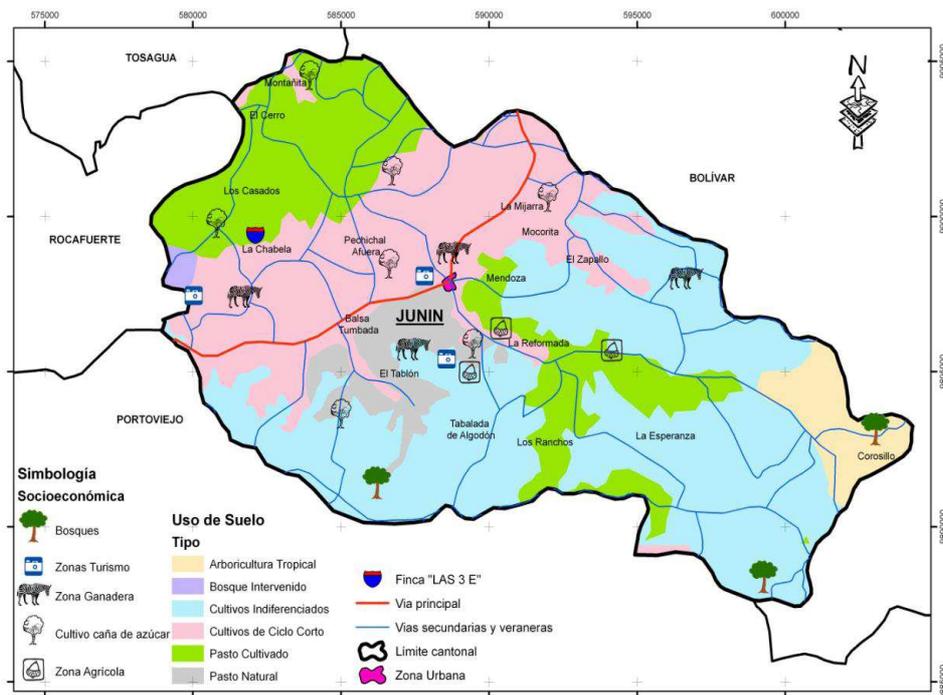
El Sistema Nacional de Información (SNI), 2014, en sus cuadros de Uso de Suelo por cultivos transitorios por hectárea, manifiesta que el cantón Junín en el año 2013, cuenta con una superficie sembrada de maíz de 1844 ha de maíz como cultivo solo y 49 ha como cultivo asociado, de las cuales se cosecharon 1773 ha de maíz como cultivo solo y 48 ha del cultivo asociado, dando un rendimiento de 3887 t, con un promedio de 2,19 t/ha (48,18 qq/ha).

AGRIPAC, 2012, en su ficha técnica menciona que el maíz DKB-399 en condiciones de clima, edáficos y manejo técnico favorable, se pueden lograr rendimientos de 9,37 t/ha ciclo. Y en zonas como Barquero, del cantón San Vicente provincia de Manabí se ha obtenido rendimientos de 8,04 t/ha.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se efectuó en la Provincia de Manabí, Cantón Junín, Parroquia Junín, Hacienda Mendoza (figura 1).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la Hcda. Mendoza

#### 3.1.1 Ubicación Geográfica (Coordenadas UTM)

La investigación se enmarcó en las coordenadas UTM:

Este X : 587157

Norte Y : 9898671

#### 3.1.2 Ubicación Ecológica

Zonas de Vida : Bosque seco tropical (bs-T)

Altitud : 157 msnm

pH del suelo : entre 6,5 a 7,5

Temperatura media anual	:	25,3°C
Precipitación media anual	:	933,3 mm/año
Heliofanía media anual	:	1396 horas sol/año
Humedad relativa promedio	:	81 %
Velocidad del viento promedio	:	9,66 km/h
Suelo	:	Arcilloso
Topografía	:	Regular

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 Materiales de Campo**

Piola, machete, bomba de fumigar, estacas, cinta métrica, balanza, y letreros de identificación.

### **3.2.2 Insumos**

Semillas híbridas de maíz Dekalb-399, fertilizantes: Basacote plus 3M, Novatec Perfect, Yaramila Actyva y Urea, fertilizante foliar Kristalon 13-40-13, 18-18-18 y 15-3-30, regulador de pH, Methomyl, Thiodicarb, Lufenuron, Diazinon, propiconazol, Paraquat, foramsulfuron-iodosulfuron methyl sodium y polivinílicos, polisacáridos, nonilfenelones, siliconas.

## **3.3 MÉTODOS**

### **3.3.1 Diseño Experimental**

#### **3.3.1.1. Factor en estudio**

En el presente trabajo de investigación se utilizó como factor en estudio al tipo de fertilizante, cada fertilizante será aplicado en tres diferentes dosis: baja, media y alta.

### 3.3.1.2. Tratamientos en estudio

Previo a la instalación del ensayo se realizó un análisis químico de suelo, para con estos resultados determinar las dosis de cada uno de los tratamientos. Se tomó como referencia el contenido de N para determinar la dosis a aplicar en cada tratamiento.

Los tratamientos estuvieron conformados por tres tipos de fertilizantes en tres diferentes dosis cada uno, además se utilizó un tratamiento adicional con aplicación de fertilizante comercial (Urea), utilizado por los productores de la zona. En el cuadro cuatro se detallan los tratamientos estudiados.

**Cuadro 4.** Tratamientos del ensayo: Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz. Junín. 2014.

DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS	DOSIS (kg/ha)
T1= Basacote Plus 3 M	Baja (750,00)
T2= Basacote Plus 3 M	Media (1563,76)
T3= Basacote Plus 3 M	Alta (2375,00)
T4= Novatec Perfect	Baja (801,02)
T5= Novatec Perfect	Media (1665,82)
T6= Novatec Perfect	Alta (2533,16)
T7= Yaramila	Baja (443,88)
T8= Yaramila	Media (926,02)
T9= Yaramila	Alta (1408,16)
T10= Fertilización productor (Urea)	349,49

### 3.3.1.9. Tipo de diseño

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), cuyo modelo es:

$$X_{ij} = D_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:  $X_{ij}$  = Producción  
 $D_i$  = Prácticas de control  
 $B_i$  = Bloques  
 $E_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.1.10. Repeticiones o bloques

Constó de cuatro repeticiones por cada tratamiento.

### 3.3.1.11. Característica de la UE

Nº de U. Experimentales	=	40
Distancia entre plantas	=	0,20 m
Distancia entre hileras	=	0,80 m
Largo de la U. Experimental	=	7,00 m
Ancho de la U. Experimental	=	5,60 m
Área de la U. Experimental Total	=	39,20 m <sup>2</sup>
Área de la U. Experimental Neta	=	12,00 m <sup>2</sup>
Nº de plantas por U. E total	=	245
Nº de plantas por U. E neta	=	75
Distancia entre parcela	=	1,0 m
Distancia entre bloques	=	1,6 m
Forma de la U. experimental	=	Rectangular
Área total del ensayo	=	2148,86 m <sup>2</sup>
Área total útil del ensayo	=	480m <sup>2</sup>
Largo total del ensayo	=	79,00 m
Ancho total del ensayo	=	27,20 m

### 3.3.1.12. Croquis del diseño

En el anexo 2 a y 2 b, se muestra la distribución de los tratamientos y las unidades experimentales.

### 3.3.2 Análisis Estadístico

#### 3.3.2.1. Esquema de análisis de varianza

Para el desarrollo del análisis de varianza se consideró el esquema que se muestra en el cuadro cinco.

**CUADRO 5.** Esquema del ADEVA

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	
Bloque	b – 1	3
Tratamientos	t – 1	9
Error experimental	(n-1) – (b-1) + (t-1)	27
Total	n – 1	39

#### 3.3.2.2. Coefficiente de variación

Este parámetro sirvió para relativizar el valor de la desviación típica y así comparar la dispersión de las poblaciones estadísticas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

**CV:** Coeficiente de variación

$\sqrt{CME}$ : Raíz del Cuadrado medio del error

$\bar{X}$ : Media del experimento

#### 3.3.2.3. Análisis funcional

Para la comparación de medias de tratamientos se empleó la prueba de TUKEY al 5% de probabilidad, para tratamientos, tipos y dosis de fertilizantes.

#### **3.3.2.4. Polinomios ortogonales**

Se realizaron polinomios ortogonales entre “Dosis” de cada uno de los fertilizantes a utilizar, comparaciones ortogonales, testigo vs resto y entre fuentes, ya que son tratamientos cuantitativos que estaban igualmente espaciados.

### **3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO**

El análisis económico que se utilizó fue el análisis Beneficio/Costo (AB/C), por este método se obtuvo los valores en dólares de los diferentes costos y beneficios del proyecto para poder estimar el impacto financiero acumulado y determinar el mejor tratamiento económico al final de esta investigación.

### **3.5 VARIABLES EVALUADAS**

- a. Porcentaje de germinación
- b. Altura de planta
- c. Días a la floración
- d. Inserción de la mazorca
- e. Rendimiento

### **3.6 METODOLOGÍA PARA EL ÚLTIMO OBJETIVO**

Los resultados obtenidos fueron difundidos mediante folletos a productores de maíz de la zona y a estudiantes del Colegio Técnico Agropecuario Junín.

### **3.7 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.7.1 Preparación del suelo**

La preparación del terreno se realizó con dos pasos de rastra en diferente dirección, luego se delimitó el área del experimento en repeticiones y parcelas.

### **3.7.2 Análisis químico de suelos**

Previo al inicio del ensayo, luego del arado del suelo, se realizó un muestreo de suelos a una profundidad de 0 a 20 cm en el lote de la investigación, enviando una muestra de un kilo de suelo al laboratorio de AGROLAB, con el propósito de conocer sus características físicas (conductividad eléctrica), químicas (pH, relación carbono/nitrógeno, nitrógeno total, fósforo, potasio y elementos menores) y biológicas (contenido de materia orgánica) (Anexo 1).

### **3.7.3 Siembra**

Se empleó como semilla el híbrido de maíz DKB-399. Se realizó la siembra dejando una semilla por sitio en forma manual, a una distancia de 0,20 m entre plantas y 0,80 m entre hileras. El ensayo se inició con la siembra el 24 de febrero del 2015.

### **3.7.4 Control de malezas**

En los primeros 24 días después de la siembra (dds) se realizó el control químico de malezas, utilizando Equip (foramsulfuron-iodosulfuron methyl sodium y alcoholes polivinílicos, polisacáridos, nonilfenelones, siliconas, sustancias reguladoras de ph, en dosis de 100 g y 250 cc de producto comercial por ha respectivamente).

### **3.7.5 Monitoreo y control de plagas**

El monitoreo de plagas se realizó cada 8 días en cada unidad experimental, utilizando la metodología del CIMMYT, el cual se realizó mediante el muestreo de presencia de plagas por unidad de superficie, cuyos umbrales económicos no debe ser mayor a cinco insectos plagas adultos (especie/ha). Debido a que no existió problemas de plagas solo se realizó controles preventivos. El primer control preventivo de plagas se realizó a los 14 dds, aplicando Solaris en dosis de 0,10 l/ha a todos los tratamientos en estudio. El segundo control preventivo se realizó a los 35

dds, utilizando Proclamin en dosis de 100 g/ha respectivamente. A los 50 dds se aplicó el fungicida Tilt en dosis de 0,5 l/ha.

### 3.7.6 Fertilización

En función de los límites críticos de nutrientes y las extracciones por el cultivo (resultados de los análisis de suelo), se realizó un plan de fertilización de acuerdo a las dosis y tipos de fertilizantes de cada tratamiento (cuadro 6). La forma de aplicar los fertilizantes se realizó de acuerdo a las recomendaciones de cada uno de ellos (cuadro 6).

**CUADRO 6.** Tipos de fertilizantes y dosis utilizados en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Fertilizante	Dosis Kg/ha	Forma de aplicación
T1	Basacote Plus 3M	750,00	Se aplicó ocho dds, en una sola aplicación en el ciclo del cultivo.
T2		1563,78	
T3		2375,00	
T4	Novatec Perfect	801,02	Se fertilizó en una sola aplicación a los ocho dds.
T5		1665,82	
T6		2533,16	
T7	Yaramila	443,88	Se fertilizó tres veces durante el ciclo del cultivo: la primera fue a los ocho dds, utilizando Yaramila actyva (37,5 % de la dosis), a los 15 dds se fertilizó el 37,5 % de la dosis y a los 30 dds se aplicó el 25 % restante.
T8		926,02	
T9		1408,16	
T10	Urea	349,49	Se fraccionó la dosis en 2 partes, la primera dosis a los 8 dds (50%) y la segunda 20 dds (50%).

En todos los tratamiento se realizaron tres fertilizaciones foliares a los 14, 35 y 50 dds, aplicando Evergreen en dosis de 0,5 l/ha en cada aplicación.

### **3.7.7 Cosecha**

Una vez que los granos llegaron a su madurez fisiológica se cosechó en forma manual las mazorcas de cada parcela, se desgranó manualmente. Todas las parcelas se cosecharon a los 125 dds.

## **3.8 DATOS A TOMARSE Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

### **3.8.1 Porcentaje de germinación**

Se procedió a evaluar el porcentaje de germinación en las parcelas netas de las unidades experimentales a los 12 días después de la siembra (dds), para ello se dividió el número de plantas emergidas para el número de semillas sembradas en la parcela neta y multiplicado por cien.

### **3.8.2 Altura de planta**

Se seleccionó al azar 10 plantas de maíz por cada parcela neta y con la ayuda de un flexómetro se midió la altura de cada planta desde el cuello de la raíz hasta el ápice a los 30, 60 y 90 dds.

### **3.8.3 Días a la floración**

Se evaluó entre los 57 y 61 dds, cuando en los tratamientos presentaron el apareamiento del 50 % de la floración del total de las plantas de cada unidad experimental.

### **3.8.4 Inserción de la mazorca**

La altura de inserción de la mazorca se realizó en 10 plantas de cada parcela útil y se consideró desde la base de la planta hasta el lugar de inserción de la mazorca, cuando el grano estuvo en estado lechoso (85 % de humedad). Los valores se registraron en cm y se realizó a los 72 dds.

### 3.8.5 Rendimiento

Para determinar el rendimiento de grano, se cosechó la parcela total de cada unidad experimental. Las mazorcas recolectadas en cada parcela se pesaron en campo utilizando una báscula de reloj. Posteriormente a los datos obtenidos se les descontó el peso del lote y la humedad del grano. Luego se obtuvo el peso por parcela del grano, transformando los datos a rendimiento en kg/ha ajustado al 14 % de humedad. La cosecha se realizó a los 124 dds.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En el cuadro 7, se puede observar que para la variable porcentaje de germinación no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos. En cuanto a las comparaciones entre fertilizantes se encontró diferencias estadísticas significativas entre el fertilizante Basacote versus los fertilizantes Novatec - Yaramila. El coeficiente de variación fue de 4,93 %, considerándose un valor bajo, lo que da confiabilidad en los resultados obtenidos.

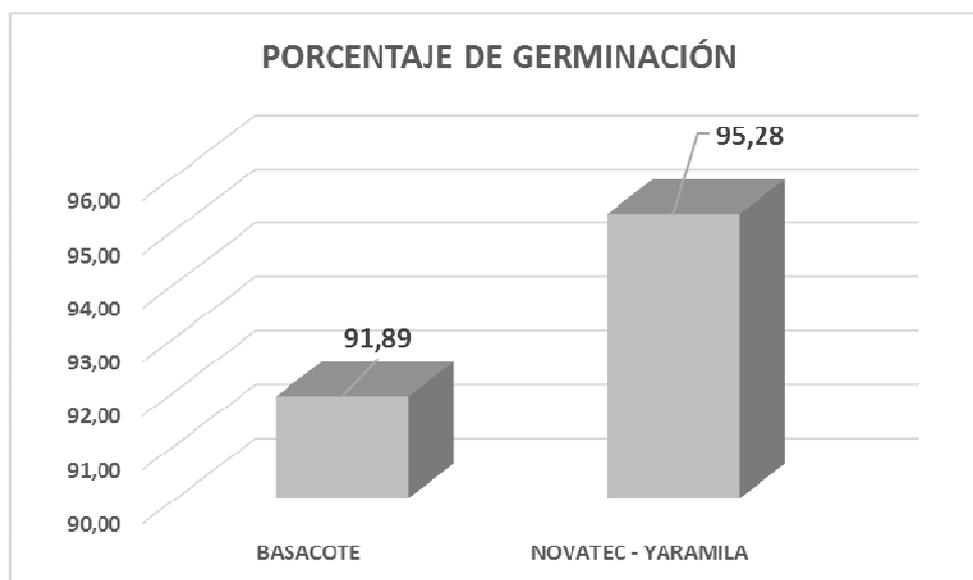
**CUADRO 7.** Cuadrados medios de los análisis de varianza para el porcentaje de germinación, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.

Fuente de variación	G L	C M.
Tratamientos	9	16,12 NS
Repeticiones	3	27,04NS
Dosis		
Lineal	1	4,16 NS
Cuadrática	1	1,39 NS
Tec. Agricultor Vs. Resto tratamiento	1	0,08 NS
Basacote Vs. Novatec-Yaramila	1	91,91 *
Novatec Vs. Basacote-Yaramila	1	9,89 NS
Yaramila Vs. Basacote-Novatec	1	41,51 NS
Error	27	21,50
Total	39	
C V (%)		4,93

*NS= No Significativo*

*\*= Significativo*

En la figura tres, se observa que los tratamientos que utilizaron los fertilizantes Novatec y Yaramila presentan los mayores porcentajes de germinación (95,28 %) en relación con los tratamientos que se fertilizó con Basacote (91,89 %), Lo que haría pensar que los Fertilizantes estabilizado con inhibidor de nitrificación y de mezcla química compleja (Yaramila) mejoran el porcentaje de germinación, debido posiblemente a una mayor disponibilidad de nutrientes al momento de la germinación de la semilla. Trenkel (2010), manifiesta que el uso de fertilizantes de liberación controlada implica una mejor germinación de semillas, una reducción de las quemaduras de las hojas y la quebradura del tallo.



**Figura 3.** Efecto de la aplicación del fertilizante Basacote vs Novatec - Yaramila sobre el porcentaje de germinación en el cultivo de maíz. Junín. 2015.

#### 4.2 ALTURA DE PLANTA

En el cuadro ocho, se puede observar que para esta variable no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds). En cuanto a las comparaciones entre fertilizantes se encontró diferencias estadísticas significativas entre la tecnología del agricultor versus resto de tratamientos. Los coeficientes de variación tuvieron un rango de 7,35 a 5,58 %, valores que garantizan los resultados obtenidos.

**CUADRO 8.** Cuadrados medios de los análisis de varianza para la altura de planta a los 30, 60 y 90 dds, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.

Fuente de variación	G L	DÍAS DE EVALUACIÓN		
		C M 30 dds.	C M 60 dds.	C M 60 dds.
Tratamientos	9	0,0021 NS	0,01 NS	0,01 NS
Repeticiones	3	0,02**	0,02 NS	0,02 NS
Dosis				
Lineal	1	0,00011 NS	0,0018 NS	0,0012 NS
Cuadrática	1	0,00094 NS	0,0011 NS	0,0014 NS
Tec. Agricultor Vs. Resto tratamiento	1	0,0017 NS	0,07 *	0,07 *
Basacote Vs. Novatec-Yaramila	1	0,0021 NS	0,0023 NS	0,0031 NS
Novatec Vs. Basacote-Yaramila	1	0,00 NS	0,01 NS	0,01 NS
Yaramila Vs. Basacote-Novatec	1	0,00 NS	0,0012 NS	0,00056 NS
Error	27	0,0028	0,01	0,01
Total	39			
C V (%)		7,35	5,64	5,58

NS= No Significativo

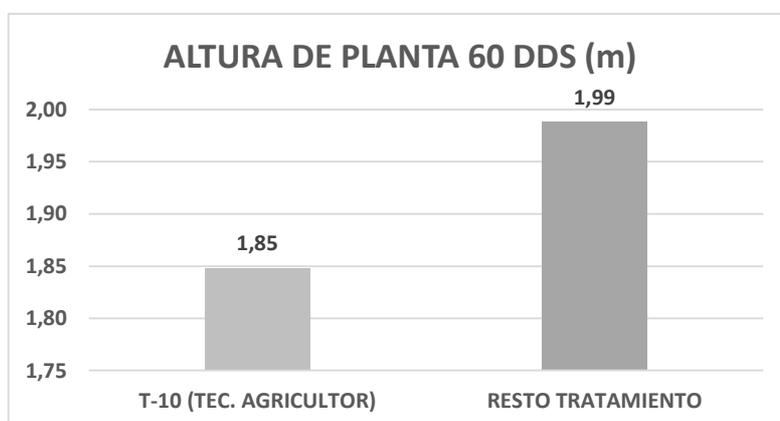
\*= Significativo

\*\*= Altamente significativo

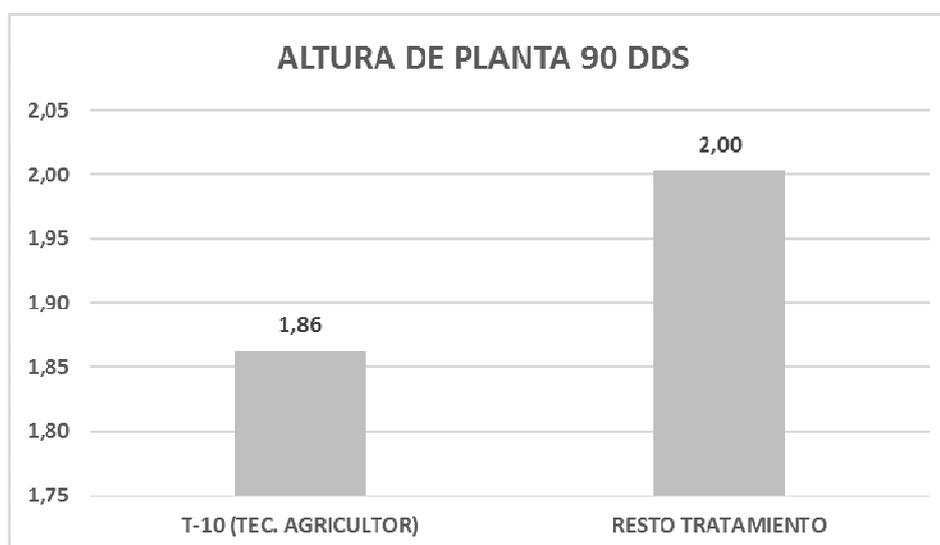
Resultados contrapuestos a los obtenidos por Pilco (2009) y Castro (2014), en estudios sobre fertilización química de NPK en plantas de tomate de árbol y cacao en vivero respectivamente, quienes concluyen que los mejores promedios en altura de la planta en cada caso se obtuvieron al aplicar Basacote (fertilizantes recubierto por polímero de lenta liberación), lo que demostraría que este fertilizante mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas, siempre que se cuente con una buena temperatura y humedad del suelo .

De los resultados obtenidos por la comparación de fertilizantes, se observa que la tecnología del agricultor a los 60 y 90 dds, presenta menor altura (1,85 y 1,86 m respectivamente), versus el resto de tratamiento (1,99 y 2,00 m respectivamente), este comportamiento haría suponer que los fertilizantes: recubierto por polímero de lenta liberación (Basacote 3M), estabilizado con inhibidor de nitrificación (Novatec) y de complejo químico granulado (Yaramila) liberan los nutrientes de acuerdo a las necesidades de la planta, criterio que concuerda con Blaylock, 2003, Sainz *et al.*, 1999 , quienes confirman que dichos fertilizantes permiten la liberación de nutrientes de forma controlada en función únicamente de la temperatura y humedad del suelo; por lo tanto,

una mayor liberación se producirá cuando estos factores aumentan, lo que coincide con el incremento de las necesidades de las plantas (figuras 4 y 5).



**Figura 4.** Efecto de la aplicación de fertilizantes entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la altura de planta a los 60 dds en el cultivo de maíz. Junín. 2015.



**Figura 5.** Efecto de la aplicación de fertilizante entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la altura de planta a los 90 dds en el cultivo de maíz. Junín. 2015.

### 4.3 DÍAS A LA FLORACIÓN

El análisis de varianza para la variable días a la floración (cuadro 9), mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1,31 %, considerándose un valor bajo, lo que da confiabilidad en los resultados obtenidos.

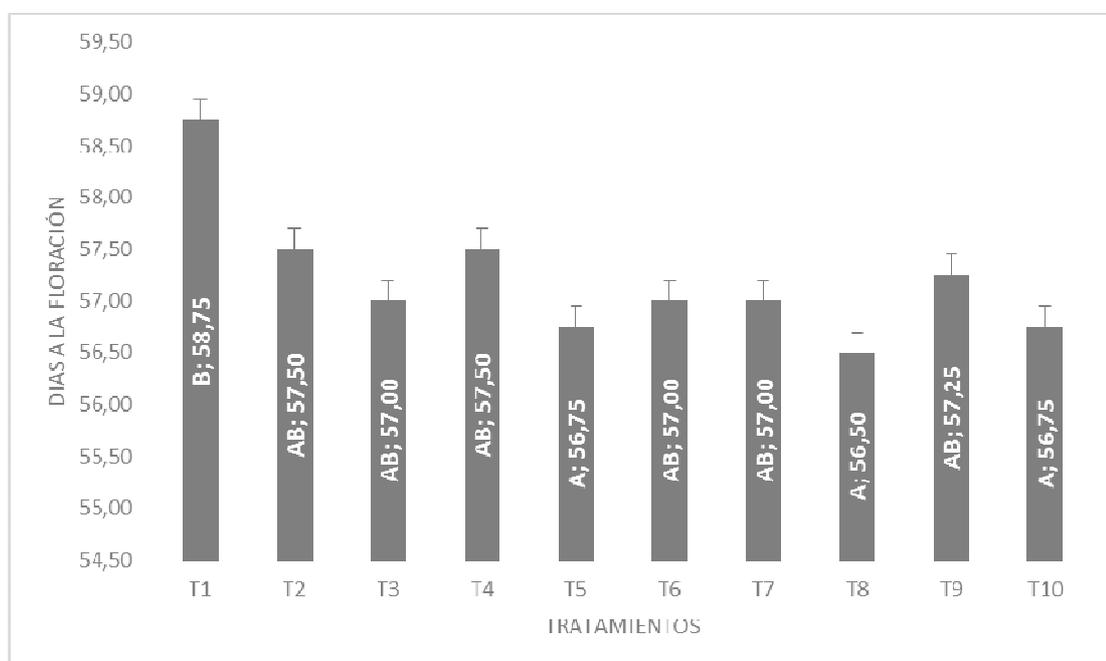
**Cuadro 9.** Cuadrados medios de los análisis de varianza para días a la floración, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.

Fuente de variación	G L	C M.
Tratamientos	9	1,60 *
Repeticiones	3	2,93**
Dosis		
Lineal	1	0,05 NS
Cuadrática	1	1,50 *
Tec. Agricultor Vs. Resto tratamiento	1	0,90 NS
Basacote Vs. Novatec-Yaramila	1	4,50 **
Novatec Vs. Basacote-Yaramila	1	0,50 NS
Yaramila Vs. Basacote-Novatec	1	2,00 *
Error	27	0,56
Total	39	
C V (%)		1,31

*NS= No Significativo      \*= Significativo      \*\*= Altamente significativo*

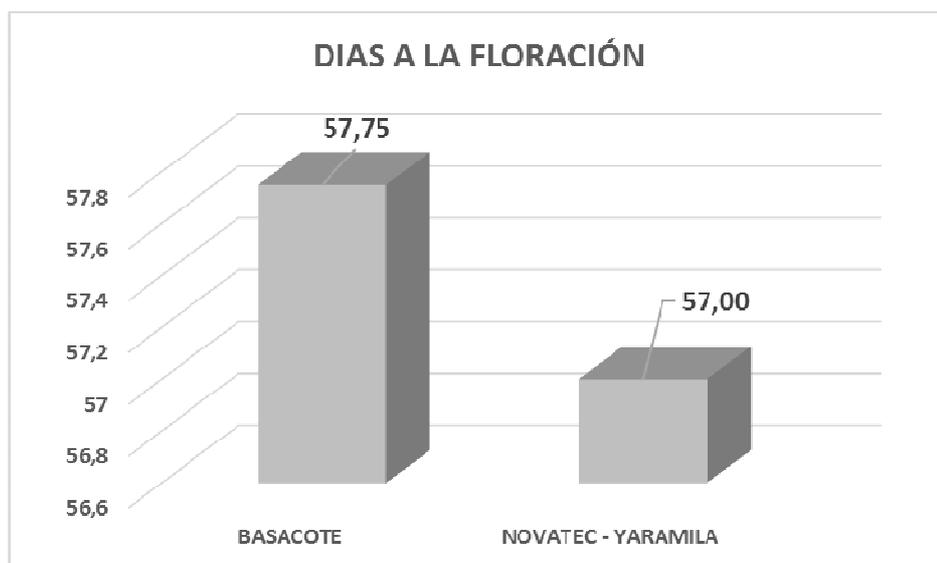
En la figura 6, se muestra que los mejores tratamientos del efecto de los fertilizantes de liberación controlada (FLC) sobre los días a la floración fueron el T5 (1665,82 kg/ha del fertilizante Novatec), T8 (926,02 kg/ha de fertilizante Yaramila) y T10 (349,49 kg/ha de fertilizante Úrea), quienes presentaron plantas con menores días a la floración (56,75; 56,50 y 56,75 días respectivamente), mientras que el T1 (750 kg/planta de fertilizante Basacote) obtuvo el mayor número de días a la floración (58,75 días). Estos resultados, permiten suponer que al existir bajos contenidos de N en el suelo y nivel medio de saturación de bases (Anexo 1), las plantas de maíz requieren mayor disponibilidad de N, acortando los días de la floración, criterio que coincide con lo indicado por Trenkel (2010) y Hauck (1985), quienes mencionan que los FLC y biomodificados por los inhibidores son eficaces en suelos que tienen un rango de

capacidad de intercambio catiónico media a alta, y una buena capacidad de almacenamiento de amonio y otros nutrientes.

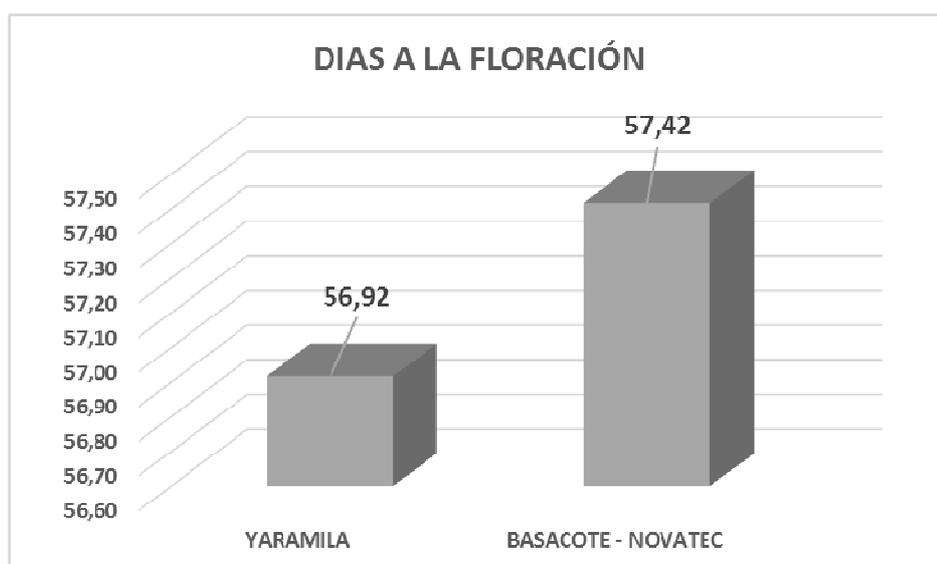


**Figura 6.** Efecto de la fertilización en maíz sobre los días a la floración. Junín. 2015.

En la figura 7, se observa que los tratamientos que utilizaron los fertilizantes Novatec y Yaramila presentan menos días a la floración (57) en relación con los tratamientos que se fertilizó con Basacote (57,75). En la figura 8 se muestra que los tratamientos que utilizaron el fertilizante Yaramila tuvieron menos días a la floración (56,92 días), haciendo a la planta más precoz, en comparación con los tratamientos que utilizaron los fertilizantes Basacote y Novatec (57,42 días), es decir que la aplicación del fertilizante Yaramila disminuyó los días a la floración, superando los resultados obtenidos por la ficha técnica del producto (59 días), esta tendencia haría pensar que este fertilizante, podría mejorar la disponibilidad de nutrientes a las plantas, disminuyendo los días a la floración. Criterio que es compartido por CASAFE (2010), quien menciona que los fertilizantes compuestos complejos presentan una aportación de varios elementos nutritivos a la vez, lo que evita las carencias en cualquiera de ellos, logrando un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.



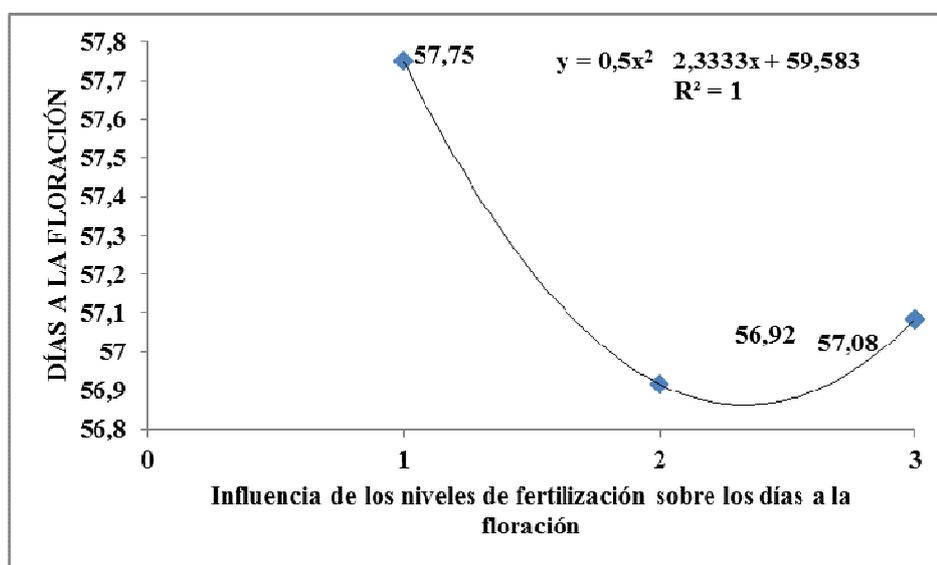
**Figura 7.** Efecto de la aplicación del fertilizante Basacote vs Novatec - Yaramila sobre la incidencia en días a la floración en el cultivo de maíz. Junín. 2015.



**Figura 8.** Efecto de la aplicación del fertilizante Yaramila vs Basacote - Novatec sobre la incidencia en días a la floración en el cultivo de maíz. Junín. 2015.

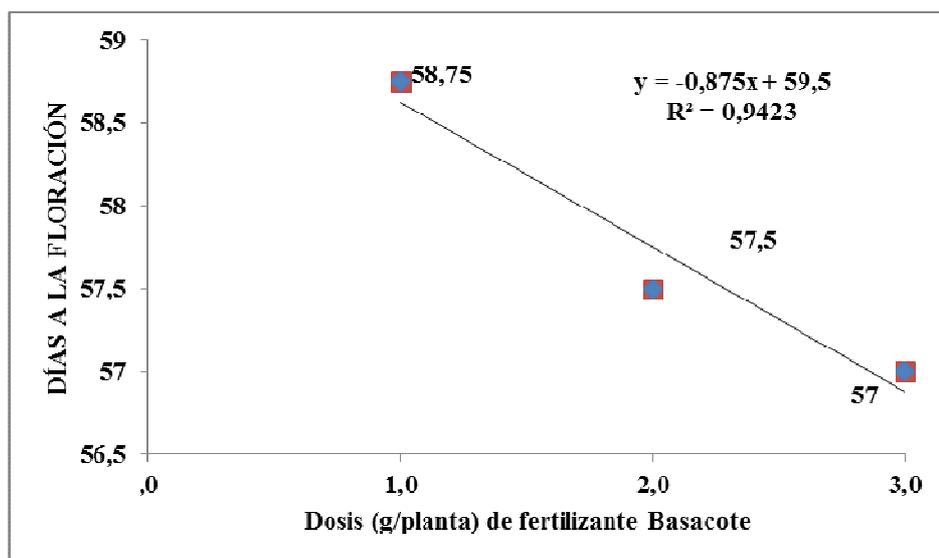
En la figura 9 se aprecia que los días a la floración son menores al utilizar la dosis media de los fertilizantes estudiados (Basacote, Novatec y Yaramila), mientras que al utilizar la dosis baja de estos fertilizantes aumenta los días a la floración, esta tendencia hace pensar que al existir bajo contenido de N en el suelo disminuyen los días

de la floración en el cultivo de maíz, al respecto Uhart y Andrade (1995), mencionan que deficiencias severas de nitrógeno (N) provocan un leve impacto sobre la tasa de aparición foliar.



**Figura 9.** Relación entre los niveles de fertilización sobre los días a la floración. Junín. 2015.

La tendencia lineal se ajusta a los datos obtenidos en la figura 10, donde se observó que los días a la floración disminuyen a medida que se aumenta la dosis del fertilizante Basacote, esta tendencia haría pensar que se podría encontrar mayor respuesta en esta variable, aumentando la dosis del fertilizante.



**Figura 10.** Relación entre dosis de fertilizante Basacote y los días a la floración. Junín. 2015.

#### 4.4 INSERCIÓN DE LA MAZORCA

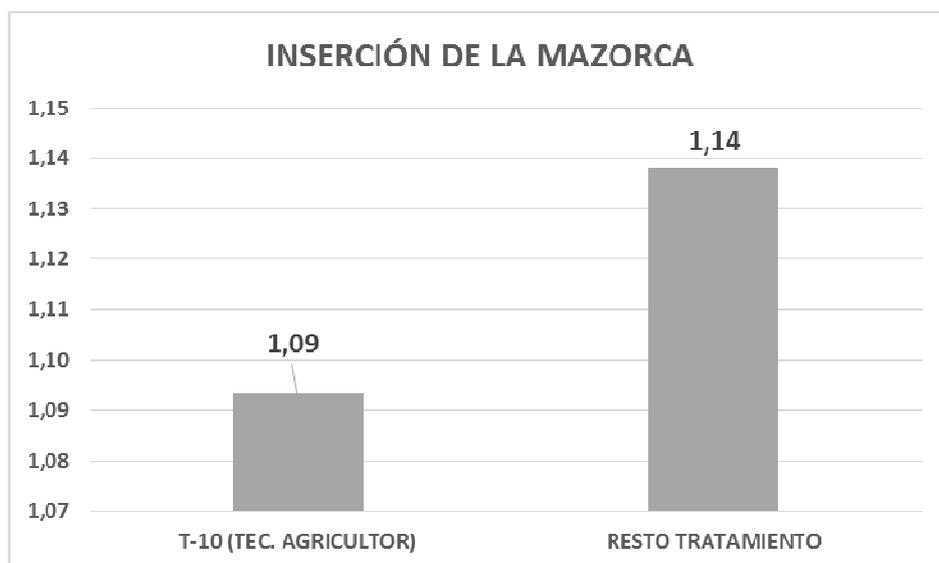
En el cuadro 10, se puede observar que para esta variable no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos. En cuanto a las comparaciones entre fertilizantes se encontró diferencias estadísticas significativas entre la tecnología del agricultor versus resto de tratamientos. El coeficiente de variación tuvo un rango de 3,08 %, considerándose un valor bajo, lo que da confiabilidad en los resultados obtenidos.

**CUADRO 10.** Cuadrados medios de los análisis de varianza para inserción de la mazorca, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.

Fuente de variación	G L	C M.
Tratamientos	9	0,0015 NS
Repeticiones	3	0,00076 NS
Dosis		
Lineal	1	0,0002 NS
Cuadrática	1	0,0006 NS
Tec. Agricultor Vs. Resto tratamiento	1	0,01 *
Basacote Vs. Novatec-Yaramila	1	0,0012 NS
Novatec Vs. Basacote-Yaramila	1	0,00087 NS
Yaramila Vs. Basacote-Novatec	1	0,000022 NS
Error	27	0,0012
Total	39	
C V (%)		3,08

*NS= No Significativo      \*= Significativo      \*\*= Altamente significativo*

De los resultados obtenidos por la comparación de fertilizantes, sobre la inserción de la mazorca de maíz (figura 11), se observa que la tecnología del agricultor, presenta un comportamiento de menor altura (1,09 m), versus el resto de tratamiento (1,14 m). Al respecto se debe indicar que en la Ficha Técnica de Agripac (2012), el promedio de altura es de 1,65 m en cambio en las condiciones que se realizó la investigación este valor fue inferior, lo que podría significar una ventaja para reducir problemas de acame en el cultivo. Este comportamiento haría suponer que la aportación de N influye directamente en el crecimiento de las plantas y por ende en la altura de inserción de la mazorca, criterio que coincide con Andrade et al (1996), quienes manifiestan que el N es el nutriente más requerido por el maíz, controlando en mayor medida su producción y por ende, tornándolo en el más limitante en diversos suelos bajo agricultura continua.



**Figura 11.** Efecto de la aplicación de fertilizantes entre la tecnología del agricultor vs el resto de tratamiento sobre la inserción de la mazorca en el cultivo de maíz. Junín. 2015.

#### 4.5 RENDIMIENTO

En la variable rendimiento del maíz (cuadro 11), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4,56 %, siendo este valor bajo, lo que brinda confianza a los resultados obtenidos.

**CUADRO 11.** Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento, mostrando el nivel de significancia estadística en ensayo sobre fertilización en maíz. Junín. 2015.

Fuente de variación	G L	C M.
Tratamientos	9	5,94 NS
Repeticiones	3	9,29 NS
Dosis		
Lineal	1	0,07 NS
Cuadrática	1	0,19 NS
Tec. Agricultor Vs. Resto tratamiento	1	8,30 NS
Basacote Vs. Novatec-Yaramila	1	15,,31 NS
Novatec Vs. Basacote-Yaramila	1	14,24 NS
Yaramila Vs. Basacote-Novatec	1	0,02 NS
Error	27	4,56
Total	39	
C V (%)		9,60

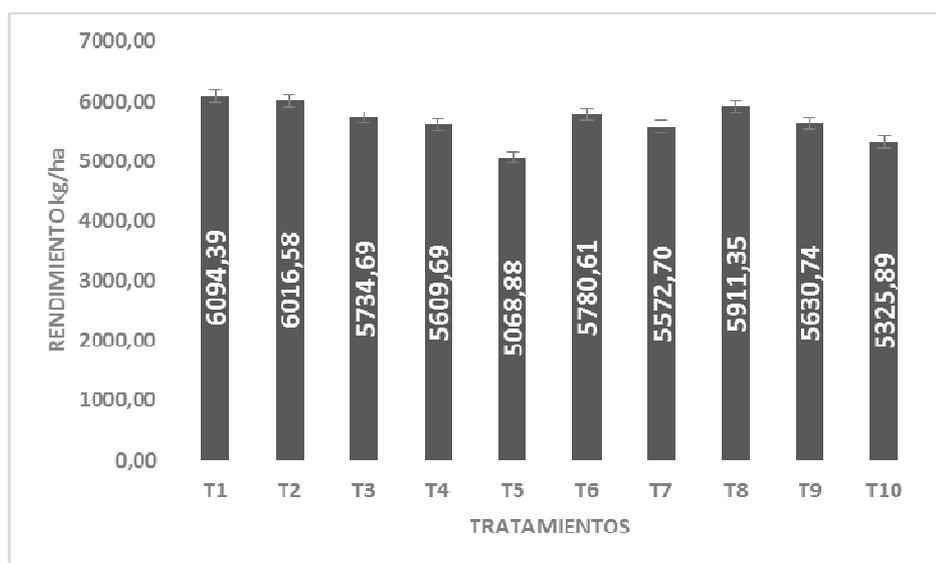
*NS= No Significativo*

Analizando los promedios para esta variable, (figura 12), se encontró el mayor rendimiento en el T1 (dosis baja de Basacote) con 134,09 qq de grano de maíz por ha (6094,39 t/ha) y el T5 (dosis media de Novatec) con 111,53 qq/ha, siendo el de menor rendimiento (5068,08 t/ha). Los valores que se obtienen en esta investigación son superiores al rendimiento promedio de maíz del cantón Junín (figura 12), tal como señala el SNI (2014), en sus cuadros de Uso de Suelo por cultivos transitorios por hectárea, quien manifiesta que el cantón Junín en el año 2013, obtuvo un rendimiento promedio de maíz de 2190 kg/ha (48,18 qq/ha).

En ficha técnica realizada por AGRIPAC, menciona que en un ensayo experimental, realizado por INIAP, en el 2011, el híbrido de maíz DKB-399 alcanza rendimientos de 9320 kg/ha, requiriendo para ello factores climáticos, edáficos y técnicos favorables para expresar su potencial genético. En rendimientos comerciales, manifiesta la misma ficha técnica que en Barquero, cantón San Vicente de Manabí se ha obtenido rendimientos de 8040 kg/ha. Relacionando estos datos con los resultados de rendimiento obtenidos en la presente investigación, se haría suponer que la producción que se obtuvo no alcanzaron los rendimientos esperados, posiblemente por la disponibilidad irregular del agua en el desarrollo del cultivo, ya que se estableció el ensayo en época de lluvias, lo que provocó una distribución irregular del agua en el

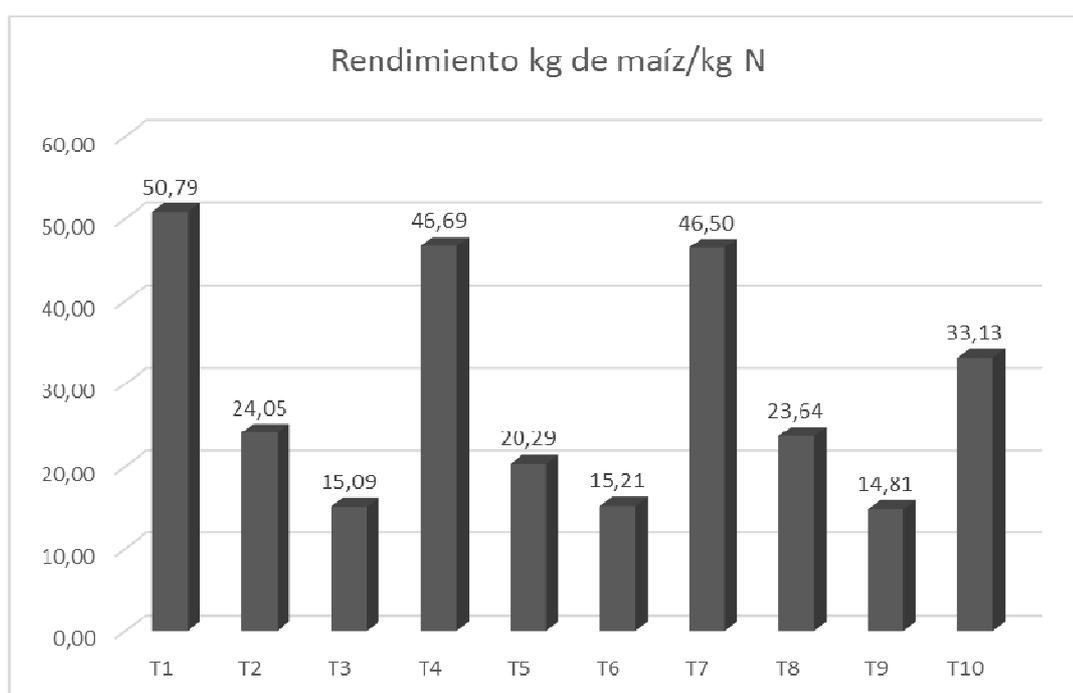
cultivo y las elevadas temperaturas de la zona que indujeron a la disolución rápida de los nutrientes, lo que provocaría una baja asimilación de nutrientes y por ende bajos rendimientos en todos los tratamientos.

Además las dosis de los fertilizantes que se utilizaron en los tratamientos se tomó en cuenta la necesidad del nitrógeno, dejando de lado los otros elementos, que según el análisis de suelo que se realizó al inicio del ensayo estaban en valores altos, lo que provocaría un desbalance nutricional en el cultivo que ocasionaría no alcanzar el rendimiento óptimo del cultivo, criterio que concuerdan con Ubiera (2014), quien manifiesta que las condiciones de suelo que favorecen la mayor eficiencia de fósforo de liberación controlada (CRF) son altos índices de Fe-Al oxi-hidróxidos; presencia de Fe amorfo, imogolita-alofano-materia orgánica; presencia de caolinita de baja cristalinidad y de tamaño pequeño; alta intercambiabilidad y acidez (Al, H); suelos de alto pH (Calcáreos); alta escorrentía potencial; y suelos muy arenosos. Por su parte las condiciones que aseguran una mayor eficiencia del potasio de liberación controlada son su uso en suelos muy arenosos; en situaciones de muy baja CIC; ante arcillas altamente fijadoras de K (ej. vermiculita); alta intercambiabilidad y acidez (Al, H); alta escorrentía potencial; salinidad de suelo de media a alta; o altas tasas de K localizado o a la banda, lo que en algunos casos no se presentó en el suelo donde se realizó el ensayo.



**Figura 12.** Efecto de la fertilización en maíz sobre el rendimiento (kg/ha). Junín. 2015.

En cuanto al rendimiento de maíz por kg de N aplicado en cada tratamiento, se observa que los tratamientos que se utilizaron dosis bajas de N y 37,5 Kg de S/ha, presentan los más altos rendimientos por Kg de N aplicado siendo el T1 con mayor rendimiento 50,79 Kg de maíz por Kg de N aplicado (figura 13), seguido del T4 y T7 con 46,69 y 46,50 Kg de maíz por Kg de N aplicado respectivamente y el T9 presentó la menor dosis (14,81 Kg de maíz por Kg de N aplicado), lo que haría suponer que a menor dosis de los FLC, los rendimientos de maíz por Kg de N aplicado mejorarían considerablemente, acompañado de los demás factores que incidirían en el rendimiento óptimo del cultivo, similares resultados en cuanto a mayor rendimiento de maíz por Kg de N aplicado, se encontró en un estudio realizado en Córdoba, Argentina en el periodo 2008-2009 citado por el IPNI (2011), donde los mayores rendimientos resultaron de la aplicación de 175 Kg de N y 24 Kg de S/ha (9,36 tm/ha).



**Figura 13.** Rendimiento de maíz por kg de N aplicado en cada tratamiento. Junín. 2015.

#### 4.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cuadro 12, se aprecia el análisis de la relación beneficio - costo para cada tratamiento en estudio. Se tomó en cuenta los costos fijos (Materiales, insumos y semillas de maíz) y para los costos variables (Mano de obra y fertilizantes), que se empleó en el periodo de evaluación.

Para el valor de la venta de maíz en cada tratamiento, se tomó en cuenta el precio de venta al público que se vendió el producto en los centros de acopio que existen en el cantón Junín, cuyo valor fue de \$ 15,00 por quintal (\$ 0,36 por kilo), para ello se tomaron en cuenta todas las mazorcas que se encontraban en cada parcela, permitiendo de esta manera disminuir el error por unidad de superficie. El tratamiento con mejor comportamiento económico se obtuvo con la aplicación de la tecnología del agricultor (349,49 kg/ha de Úrea) (T10), la aplicación de 443,88 Kg/ha de Yaramila (dosis baja) (T7) y la aplicación de 926,02 Kg/ha de Yaramila (dosis media) (T8), en la cual presentaron una relación beneficio/costo de USD \$ 1,51; 1,39 y 1,12 respectivamente, lo que significa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 51, 39 y 12 centavos para cada tratamiento respectivamente.

El tratamiento más costoso fue el T3, con la aplicación de 2375 kg/ha de Basacote con una relación beneficio costo de USD \$ 0,17, lo que significa que por cada dólar invertido se pierde 83 centavos, lo que haría suponer que la utilización de fertilizantes de liberación controlada resultan anti económico, por su alto costo, criterio que coincide con lo señalado por Watson (2014), quien señala que esta tecnología todavía conlleva un costo más alto por unidad de nitrógeno en comparación con los fertilizantes convencionales, que en ocasiones se encuentra una cantidad de granos dañados (reventados) y que su uso continuo puede incidir en el depósito de residuos de materiales sintéticos en el suelo. La principal barrera a superar sería su hasta ahora elevado costo (en comparación con los fertilizantes convencionales), lo que en la actualidad limita su uso en la agricultura.

**CUADRO 12.** Análisis de la relación beneficio – costo de los diferentes tratamientos en el cultivo de maíz. Junín. 2015

<b>Tipo de Fertilizante</b>	<b>BASACOTE</b>			<b>NOVATEC</b>			<b>YARAMILA</b>			<b>TEC. AGRICULTOR</b>
<b>Dosis de fertilizante Kg/ha</b>	750,00	1563,78	2375,00	801,02	1665,82	2533,16	443,88	926,02	1408,16	349,49
	<b>T 1</b>	<b>T 2</b>	<b>T 3</b>	<b>T 4</b>	<b>T 5</b>	<b>T 6</b>	<b>T 7</b>	<b>T 8</b>	<b>T 9</b>	<b>T 10</b>
<b>Costos fijos</b>										
Preparación del terreno	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Siembra	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Semilla	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Aplicación de herbicida	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Aplicación de fertilizante foliar + insecticida	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Foramsulfuron-iodosulfuron methyl sodium + Alcoholes polivinilicos, polisacáridos, nonilfenelones	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Solaris	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Proclaim	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Tilt	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Fertilizante foliar Evergen	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
<b>Costos variables</b>										
Aplicación de fertilizantes edáficos	1,13	2,35	3,58	1,21	2,51	3,81	0,67	1,39	2,12	0,53
Cosecha de maíz	4,73	4,67	4,45	4,35	3,93	4,49	4,33	4,59	4,37	4,13
Desgrane de maíz	1,05	1,04	0,99	0,97	0,87	1,00	0,96	1,02	0,97	0,92
Basacote	49,39	102,98	156,41							
Novatec				20,60	42,84	65,14				

Yaramila							5,15	10,74	16,34	
Urea										3,07
<b>EGRESO</b>	65,96	120,71	175,08	36,79	59,81	84,10	20,77	27,41	33,46	18,31
Costo de producción por kg de maíz	0,69	1,28	1,95	0,42	0,75	0,93	0,24	0,30	0,38	0,22
Kilogramos de maíz cosechado	95,56	94,34	89,92	87,96	79,48	90,64	87,38	92,69	88,29	83,51
Valor kg de maíz	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
<b>INGRESO</b>	31,54	31,14	29,68	29,03	26,23	29,91	28,84	30,59	29,14	27,56
Relación beneficio / costo	0,48	0,26	0,17	0,79	0,44	0,36	1,39	1,12	0,87	1,51
<hr/>										
costo de producción por qq de maíz	31,37	58,15	88,50	19,01	34,20	42,17	10,80	13,44	17,22	9,96
PVP del maíz	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
utilidad por qq de maíz producido	-16,37	-43,15	-73,50	-4,01	-19,20	-27,17	4,20	1,56	-2,22	5,04
utilidad por ha	-2195,5	-5712,41	-9273,408	-494,67	-2141,72	-3455,6	514,85	203,053	-275,651	590,14

## V. CONCLUSIONES

- En las variables porcentaje de germinación y altura de planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas para ninguna fuente de variación, detectándose únicamente un porcentaje de germinación menor en el FLC llamado Basacote en comparación a Novatec y Yaramila. Asimismo, se detectó que el testigo (tecnología del agricultor) exhibió una menor altura en relación a los otros tratamientos.
- El uso del fertilizante Yaramila permitió acortar ligeramente los días a la floración en relación a los FLC, resultado opuesto se obtuvo para el Basacote. La tendencia cuadrática para las dosis empleadas, se presentó porque la dosis media exhibió ligeramente menos días a la floración en comparación con la dosis baja y alta.
- Las plantas con tecnología del agricultor, presentaron una altura de inserción de mazorca menor al resto de tratamientos, hecho que podría facilitar la cosecha manual de maíz y reducir eventualmente el acame.
- Estadísticamente no se encontraron diferencias para el rendimiento de maíz en ninguna fuente de variación, analizando los promedios, dosis bajas de Basacote y medias de Novatec presentaron los mejores rendimientos.
- La relación beneficio costo sugiere que, económicamente es más rentable fertilizar el cultivo de maíz con la tecnología del productor (349,49 Kg de Úrea/ha), dosis baja (443,88 Kg de Yaramila/ha) y dosis media (926,02 Kg de Yaramila/ha) del fertilizante de mezcla química compleja, los cuales presentaron un mejor comportamiento con una relación beneficio / costo de 1,51; 1,39 y 1,12 respectivamente.

## VI. RECOMENDACIONES

- Mantener la tecnología local de manejo de fertilizantes convencionales, hasta que se tenga mayores argumentos técnicos y científicos sobre el uso de fertilizantes de liberación controlada.
- A pesar de haber tenido promedios de rendimiento más altos con los fertilizantes de liberación controlada, su elevado costo sugiere una mayor rentabilidad con los fertilizantes convencionales como la urea.
- Implementar futuras investigaciones con ciclos continuos de siembra de maíz, evaluando el posible efecto residual de los fertilizantes de liberación controlada en el segundo ciclo productivo.
- Considerar en los fertilizantes de liberación controlada el período real de entrega nutrimental, ya que es muy probable que en cultivos de ciclo corto como el maíz, la disponibilidad para la planta de una parte de nutrientes sea muy tardía.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AGRIPAC. (2012).** *Ficha Técnica del maíz Híbrido DKB-399. Ventajas, Características Agronómicas y Rendimientos del cultivo.* Ecuador.
- ANDES. (2014).** *Agencia Pública de noticias del Ecuador y Suramérica. Ecuador ya no importará maíz duro amarillo; producción de 2013 convierte al país en autosuficiente.* Recuperado el 19 de noviembre de 2014 de <http://www.andes.info.ec/es/reportajes/ecuador-ya-no-importara-maiz-duro-amarillo-produccion-2013-convierten-pais-autosuficiente>.
- ANDRADE, J. (2014).** *Aplicación de fertilizantes orgánicas de liberación controlada y activadores fisiológicos en plántulas de previvero de palma africana (Elaeis guinnensis), en la zona de Babahoyo.* Tesis de Ing. Agrón. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo – Los Ríos. Pág. 5.
- ANDRADE, F.H; H.E. ECHEVERRÍA; N. S. UHART Y N DARWICH. (1996).** *Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soya.* CERBAS, EEA INTA Balcare, AR. Boletín Técnico 134. Pág. 17.
- BLAYLOCK, A. (2003).** *Controlled release fertilizer.* 9 ed. Florida, US. p. 11
- CASAFE. (2010).** *Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Fertilizantes.* Argentina. Recuperado el 21 de febrero de 2014 de <http://www.casafe.org/usep/Fertilizantes.pdf>.
- CASTRO CRISTIAN. (2014).** *Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (Theobroma cacao), en vivero, en santo domingo de los Tsáchilas.* Tesis de Ing. Agrop. Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santo Domingo - Ecuador. Pp. 78.

- COMPO EXPERT. (2014).** *Fertilizantes de Liberación Controlada*. Chile. Recuperado el 21 de febrero de 2014 de [www.compoexpert.com/fileadmin/user\\_upload/compo\\_expert/ar/documents/pdf/LibControlada.pdf](http://www.compoexpert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/ar/documents/pdf/LibControlada.pdf).
- CORDI M, UHART S, ECHEVERRÍA E. y SAINZH. (1997).** *Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la tasa y duración del llenado de granos en maíz*. VI Congreso Nacional de Maíz y III Reunión Suramericana de Maiceros.
- CRUZ, O. (2013).** *EL CULTIVO DEL MAÍZ, Manual para el cultivo de maíz en Honduras*. Recuperado el 13 de febrero de 2014 de <http://www.dicta.hn/files/Manual-cultivo-de-MAIZ--III-EDICION,-2013.pdf>. Tegucigalpa, Honduras. Pp. 27.
- DQI. (2014).** Distribuidora de Químicos Industriales. *Ficha técnica de la Úrea*. Recuperado el 22 de febrero de 2014 de <http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/UREA.pdf>.
- GARCIA, J. (1992).** *Salinidad del agua de riego y fertilizantes de liberación lenta. Desarrollo de nuevos compuestos*. Recuperado el 22 de febrero de 2014 de [www.lluisvives.com/servlet/SirveObras/01394919766026835200802/003608\\_3.pdf](http://www.lluisvives.com/servlet/SirveObras/01394919766026835200802/003608_3.pdf)
- GARDIAZABAL, F. (2007).** *Efecto de la fertilización con inhibidores de la nitrificación (Entec® solub 21) en paltos (Persea americana mill) cv. Hass*. Chile. Recuperado el 22 de febrero de 2014 de [www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/3a-97.pdf](http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/3a-97.pdf)
- HAUCK, R.D. (1985).** *Slow release and bio-inhibitor-amended nitrogen fertilizers*. In "Fertilizer technology and use" (O.P. Engelstad, 3rd Ed.)New York, US. p. 293-322

- INFOAGRO. (2001).** *Abonos de liberación lenta*. Recuperado el 22 de febrero de 2014 de [www.infoagro.com/abonos/ab\\_liber\\_lenta.htm](http://www.infoagro.com/abonos/ab_liber_lenta.htm)
- INIAP. (2008).** *Evaluación de un vivero de adaptación y rendimiento de 12 híbridos promisorios de maíz*. Estación experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. Pp. 14 – 15.
- IPNI. (2011).** *Estrategias de fertilización de maíz para la intensificación sustentable. Jornada + maíz. Bolsa de cereales de Córdoba y Agroverdad*. Expositor García Fernando. Córdoba- Argentina Pág. 4.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. INEC. (2010).** *Uso del suelo por ha*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- MARSCHNER H. (1995).** *Mineral nutrition of higher plants*. London, UK: Academic Press.
- MEDINA, E. (2003).** *Maíz duro amarillo*. III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO y el proyecto SICA Banco Mundial. Pág. 1-9. Recuperado el 24 de noviembre de 2014 de <http://www.sica.gov.ec/cadenas/maíz/index.html>
- MELGAR, R. (2005).** *Nuevos productos de fertilizantes. Principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada*. Frankfurt, Alemania. Recuperado el 12 de febrero de 2014 de [www.fertilizando.com/articulos/Nuevos%20Productos%20Fertilizantes.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Nuevos%20Productos%20Fertilizantes.asp)
- MELGAR, R. (2012).** *Nuevas Tecnologías en el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados*. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria-INTA. In Simposio Internacional: manejo y uso eficiente de fertilizantes. Buenos Aires. pp 1-59.
- MELGAR R., TORRES M., CAMOZZI M. (2012).** *Guía de Fertilizantes, Enmiendas y Productos nutricionales Agroeditorial*; Fertilizar Asociación Civil. Buenos Aires 147 p.

- MORA, M. (2013).** *Eficiencia de la fertilización nitrogenada y potásica en combinación con azufre polimerizado en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) bajo secano favorecido, en la zona de pueblo nuevo provincia de Los Ríos.* Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agropecuarias. Babahoyo - Ecuador. U.T.B. Pp. 62
- PILCO J. (2009).** *Evaluación de dos formulaciones químicas a base de N – P – K para el crecimiento y desarrollo del tomate de arbol (solanum betaceum).* Tesis Ing. Agrón. Riobamba – Ecuador. ESPOCH, Facultad de Recursos Naturales. P 102.
- REYES CEDEÑO, W. (2000).** *Respuesta del maíz (Zea mays L.) Híbrido triple DK-XL - 888 a la fertilización con N, P, K y Zn en la zona de Babahoyo.* Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agropecuarias. Babahoyo - Ecuador. U.T.B.
- RIMSKI-KORSAKOV ET AL. (2006).** *Field Scale Variability in optimal Nitrogen Fertilizer Rate for Corn.* Agron. J. 97:452-461.
- RIZZO, P. 2001.** *El maíz duro amarillo y sus perspectivas para el 2001,* proyecto S.I.C.A. Banco Mundial. Recuperado el 03 de marzo de 2014 de [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)
- SAINZ R, H.; ECHEVERRÍA. H.; STUDDERT, G., ANDRADE, F.H. (1999).** *No-till corn nitrogen uptake and yield effect of urease inhibitor and application time,* Agronomy Journal. 91:950-955
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN (SIN). (2014).** *Uso de Suelo por cultivos transitorios por hectárea en los cantones de la provincia de Manabí.*
- TRENKEL, M.E. (2010).** *Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture*". IFA, Paris  
Recuperado el 17 de septiembre de 2015 de [www.ifa.com](http://www.ifa.com)
- TROPICALCIS. (2008).** *Ficha técnica de AGRI 103, 104 y 344.* Recuperado el 07 de septiembre de 2015 de

[http://www.agricomseeds.net/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=31&Itemid=69](http://www.agricomseeds.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=31&Itemid=69).

**UBIERA AMILCAR. (2014).** *3ª Conferencia Internacional en Rio de Janeiro sobre “Los potenciales beneficios de fósforo y potasio de liberación controlada en agricultura de especialidad”*. Brasil, Río de Janeiro. Recuperado el 09 de octubre de 2015 de <http://redagricola.com/reportajes/nutricion/fertilizantes-de-liberacion-controlada-de-lenta-liberacion-y-estabilizados>

**UHART, S y ANDRADE F. (1995).** Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35:1376-1383.

**WATSON CATHERIN. (2014).** *3ª Conferencia Internacional en Rio de Janeiro sobre “Fertilizantes de Eficiencia Mejorada”*. Brasil, Río de Janeiro. Recuperado el 09 de octubre de 2015. Disponible en: <http://redagricola.com/reportajes/nutricion/fertilizantes-de-liberacion-controlada-de-lenta-liberacion-y-estabilizados>

**YARA. (2014).** Fertilizante complejo químico granulado. Recuperado el 03 de 014 de <http://www.yara.com.co/fertilizer/products/yaramila/index.aspx>