



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**RESPUESTA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ (*Zea mays*)
PIONEER 3041 A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES
COMPLEJOS EN RIO VERDE, SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Washington Stich Perero Silvestre.

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias



Carrera de Agropecuaria

**RESPUESTA DEL HÍBRIDO DE MAÍZ (*Zea mays*)
PIONEER 3041, A LA APLICACIÓN DE
FERTILIZANTES COMPLEJOS EN RIO VERDE,
SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Washington Stich Perero Silvestre.

Tutor: Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph.D.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



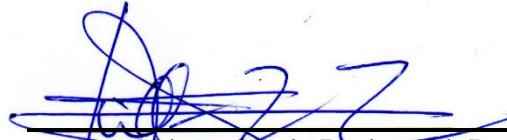
Ing. Néstor Acosta Lozano, Ph.D
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGRARIAS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**DIRECTOR/A DE CARRERA
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph.D.
**PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph.D.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
**SECRETARIO GENERAL (E)
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a Dios por brindarme su infinita sabiduría. En todo momento sentí su respaldo y las fuerzas necesarias para no rendirme a pesar de las dificultades que se presentan en el camino de un universitario. Pero ahora puedo culminar uno de los objetivos más importantes en mi vida con total satisfacción.

Infinitas gracias a mi tutor Ing. Néstor Orrala quien ha sido participe en la elaboración de mi trabajo de titulación, asesorándome con sus conocimientos en todo el proceso que duro mi investigación.

A la institución y a mis formadores, personas dispuestas a transmitir su sabiduría hacia nuevas generaciones.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres y abuelos quienes me formaron como la persona que soy en la actualidad, siendo ellos el pilar fundamental en mi vida y mi motivación para seguir adelante y poder alcanzar mis anhelos.

RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro de Prácticas Rio Verde, Santa Elena y tuvo como objetivo, evaluar la respuesta del híbrido de maíz Pioneer 3041, a los fertilizantes complejos. Se utilizó un diseño bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones; todos los tratamientos tuvieron 150 kg ha^{-1} de nitrógeno siendo el Nitrato de amonio la principal fuente en el tratamiento uno y en los demás, el 85% de nitrógeno aportado por el nitrato de amonio y el 15%, por Yaramila Hydran, Yaramila Nitrobor y Yaramila Complex. Se evaluó variables agronómicas y de producción, siendo sus medias comparadas mediante el test de Duncan (≤ 0.05). En el rendimiento sobresale el tratamiento cuatro (YaraMila Complex +Nitrato de amonio) con 41 g en el peso de 100 granos, un rendimiento de $7\ 283,33 \text{ kg ha}^{-1}$ y una relación beneficio/costo, 1,44.

Palabras claves: maíz, fertilizantes complejos, rendimiento.

ABSTRACT

The study was carried out at the Rio Verde Practice Center, Santa Elena and its objective was to evaluate the response of the corn hybrid Pioneer 3041 to complex fertilizers. A completely randomized block design with four treatments and five repetitions was made; all treatments had 150 kg ha⁻¹ of nitrogen, ammonium nitrate being the main source in treatment one and in the others, 85% of nitrogen provided by ammonium nitrate and 15%, by Yaramila Hydran, Yaramila Nitabor and Yaramila Complex. Agronomic and production variables were evaluated, their means being compared by Duncan's test (≤ 0.05). In the yield, treatment four (YaraMila Complex + Ammonium Nitrate) stands out with 41 g in the weight of 100 grains, a yield of 7,283.33 kg ha⁻¹ and a benefit / cost ratio of 1.44.

Keywords: corn, complex fertilizers, yield

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Washington Stich Perero Silvestre

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 1.1. Conceptos generales..... | 4 |
| 1.1.1. Ventajas y desventajas de los híbridos de maíz | 5 |
| 1.2. Influencia de los macro y micronutrientes | 6 |
| 1.2.1. Macronutrientes | 6 |
| 1.2.2. Micronutrientes | 7 |
| 1.3. Requerimiento nutricional | 9 |
| 1.3.1. Criterios para manejo de la fertilización | 10 |
| 1.4. Características de los fertilizantes..... | 11 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 2.1. Ubicación y descripción del área de estudio | 14 |
| 2.2. Características agroquímicas del suelo..... | 15 |
| 2.3. Materiales y equipos | 15 |
| 2.3.1. Insumos agrícolas..... | 15 |
| 2.3.2. Equipos de campo | 15 |
| 2.4. Material genético | 15 |
| 2.5. Tratamientos y diseño experimental | 16 |
| 2.6. Delineamiento experimental | 17 |
| 2.7. Manejo del ensayo..... | 19 |
| 2.7.1. Preparación del suelo | 19 |
| 2.7.2. Instalación de líneas de riego | 19 |
| 2.7.3. Baliza y demarcación de tratamientos y repeticiones | 19 |
| 2.7.4. Siembra | 19 |
| 2.7.5. Fertilización | 19 |
| 2.7.6. Control de malezas..... | 19 |
| 2.7.7. Control fitosanitario | 19 |
| 2.7.8. Riego..... | 20 |
| 2.7.9. Cosecha..... | 20 |
| 2.8. Variables a evaluar | 20 |
| 2.8.1. Altura de planta (cm) a los 30,60 y 90 días..... | 20 |
| 2.8.2. Número de hojas a los 30, 60 y 90 días..... | 20 |
| 2.8.3. Diámetro del tallo (cm) a los 30,60 días | 20 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.8.4. | Días a la floración | 20 |
| 2.8.5. | Altura de inserción de la mazorca (cm) | 21 |
| 2.8.6. | Numero de mazorcas por hilera parcelas de 6 x 11..... | 21 |
| 2.8.7. | Peso de mazorcas (g)..... | 21 |
| 2.8.8. | Peso de cien semillas (g)..... | 21 |
| 2.8.9. | Rendimiento por hectárea (kg ha ⁻¹)..... | 21 |
| 2.8.10. | Análisis económico | 21 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 22 |
| 3.1. | Variables agronómicas | 22 |
| 3.1.1. | Altura de planta..... | 22 |
| 3.1.2. | Número de Hojas | 22 |
| 3.1.3. | Diámetro del tallo | 23 |
| 3.1.4. | Días a la floración | 23 |
| 3.1.5. | Altura de inserción de mazorca..... | 23 |
| 3.2. | Variables de producción..... | 25 |
| 3.2.1. | Mazorcas por hilera..... | 25 |
| 3.2.2. | Peso de mazorcas | 25 |
| 3.2.3. | Peso de 100 granos..... | 25 |
| 3.2.4. | Rendimiento..... | 26 |
| 3.3. | Análisis económico..... | 27 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 29 |
| Conclusiones | | 29 |
| Recomendaciones | | 29 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Requerimiento nutricional para producir una tonelada de grano de maíz..... | 9 |
| Tabla 2. Requerimiento nutricional para producir siete toneladas de grano de maíz..... | 9 |
| Tabla 3. Requerimiento nutricional para producir 100 qq ha ⁻¹ | 10 |
| Tabla 4. Temperatura en los meses de siembra y cosecha del maíz. | 14 |
| Tabla 5. Propiedades químicas del suelo | 15 |
| Tabla 6. Características del Híbrido de maíz Pioneer 3041 | 16 |
| Tabla 7. Grados de libertad del experimento. | 17 |
| Tabla 8. Fertilizantes usados en cada uno de los tratamientos..... | 17 |
| Tabla 9. Principio activo (kg ha ⁻¹) aplicados en los tratamientos. | 17 |
| Tabla 10. Características agronómicas del híbrido de maíz bajo el efecto de fertilizantes complejos | 24 |
| Tabla 11. Variables de producción Híbrido Pioneer 3041 bajo el efecto de fertilizantes complejos..... | 26 |
| Tabla 12. Análisis económico de los tratamientos, dólares | 28 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización del experimento, Centro de Prácticas Rio verde. | 14 |
| Figura 2. Disposición de los tratamientos en el campo..... | 18 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Altura de la planta a los 30 días (cm)
- Anexo 2. Altura de la planta a los 60 días (cm)
- Anexo 3. Altura de la planta a los 90 días (cm).
- Anexo 4. Número de hojas a los 30 días
- Anexo 5. Número de hojas a los 60 días
- Anexo 6. Número de hojas a los 90 días
- Anexo 7. Diámetro del tallo a los 30 días (mm)
- Anexo 8. Diámetro del tallo a los 60 días (mm)
- Anexo 9. Altura de inserción de mazorca (cm)
- Anexo 10. Numero de mazorcas por hilera
- Anexo 11. Peso de mazorcas (g)
- Anexo 12. Peso de 100 granos (g)
- Anexo 13. Rendimiento (kg ha⁻¹)
- Anexo 14. Costo de inversión para 1 Ha de maíz
- Anexo 15. Costo de los tratamientos
- Figura 1A. Instalación del sistema de riego
- Figura 2A. Delimitación de las unidades experimentales
- Figura 3A. Siembra directa de maíz por espeque
- Figura 4A. Plantas de maíz a una edad de 15 días
- Figura 5A. Control fitosanitario.
- Figura 6A. Periodo vegetativo del cultivo
- Figura 7A. Fertilizantes empleados en el ensayo.
- Figura 8A. Toma de datos número de hoja
- Figura 9A. Toma de datos diámetro del tallo
- Figura 10A. Presencia de floración masculina y femenina
- Figura 11A. Plantas de maíz a una edad de 125 días
- Figura 12A. Cosecha del cultivo
- Figura 13A. Mazorcas obtenidas en los diversos tratamientos
- Figura 14A. Toma de datos por tratamiento
- Figura 15A. Toma de datos peso de 100 granos
- Figura 16A. Peso de mazorcas desgranadas

INTRODUCCIÓN

El maíz es la especie vegetal a nivel mundial con mayor área sembrada y cosechada, es el cereal más consumido. Los países que producen este alimento, convierten a la materia prima y sus derivados en elementos principales para establecer negociaciones entre diferentes naciones del mundo (Maizar, 2012).

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que otros cereales. Entre los principales productores de maíz se encuentran los Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea y Argentina acaparando un 74,5% de la producción en el mundo (Hernández, 2018).

En Ecuador la producción del maíz y sus diversas formas de uso y consumo se encuentran bien identificadas. En las zonas bajas se siembra maíz amarillo cristalino y se destina para uso industrial y tiene una alta demanda en la elaboración de alimentos balanceados para el sector avícola; en zonas altas se produce maíz de textura suave y harinosa destinada para el consumo de la población (Chaqui, 2013).

Según Faustos (2018), en el Ecuador se siembran 250 000 ha, que producen cerca de 1,2 millones de toneladas de maíz siendo las provincias de Los ríos, Guayas, Manabí y Loja los principales productores de este cereal.

En la provincia de Santa Elena, la especie que se cultiva con mayor frecuencia y dedicación es el maíz; a pesar que se obtienen rendimientos superiores a las 5 toneladas/ha, estos valores no son aceptados por los productores, pues los rendimientos en otros sectores del país superan inclusive las 6 toneladas/ha (MAG, 2016).

Los factores a considerar para que se presente esta situación se encuentran, el tipo de material genético utilizado para la siembra, los bajos niveles de nutrientes que aporta el suelo, pues la península se caracteriza por ubicarse en una zona desértica tropical con una temperatura promedio anual que fluctúa entre los 25 °C (Paltán, 2016).

Una de las características de esta zona es que presenta suelos alcalinos, particularidad que explica el escaso contenido de micro elementos (Toledo, 2016).

Por otra parte se evidencia una dificultad en relación a la fertilización de este cultivo y al manejo de los fertilizantes, enfocándose en compuestos a base de nitrógeno, fósforo y potasio. A su vez la dificultad para acceder a información sobre el requerimiento nutricional se expresa en niveles de producción por debajo de lo esperado (Marcillo *et al.*, 2017)

Estos factores influyen en el rendimiento y por ende en la producción del cultivo, a su vez esto se refleja en los bajos ingresos del productor; de esto se derivan las pérdidas que desmotivan a seguir cultivando. Los pequeños agricultores se ven afectados debido al alto costo de inversión en insumos comerciales (Zúñiga, 2016).

El uso de semillas híbridas mejora diferentes aspectos del cultivo de maíz, entre los que se pueden mencionar el rendimiento y composición del grano, a su vez estos presentan tolerancia a plagas y enfermedades, adaptabilidad a diferentes climas y resistencia a estrés abiótico (Rodríguez, 2016).

La falta de conocimiento sobre la aplicación de los nutrientes necesarios en las fases fenológicas del cultivo, a su vez la aplicación de estos sin haber realizado un previo estudio, y la falta de presupuesto, son los motivos para la deficiencia de macro y micro nutrientes. Estas deficiencias se pueden corregir mediante la aplicación de fertilizantes complejos en las épocas apropiadas, basándose en la interpretación del análisis de suelo.

Por esta razón, se le atribuye importancia al estudio del comportamiento de nuevos materiales genéticos y técnicas de cultivo en este sector de la provincia, pues existen muchas personas que hacen de la agricultura y en especial de la producción de maíz su principal fuente de ingresos. La información obtenida en este trabajo ofrece a los pequeños productores mejorar el rendimiento de sus cosechas mediante el uso de híbridos y niveles de fertilización considerando los requerimientos necesarios del cultivo.

Problema Científico

Los bajos rendimientos obtenidos por los pequeños productores de maíz de la provincia de Santa Elena se deben a la falta de conocimiento sobre la nutrición mineral del cultivo, por lo que, el uso de fertilizantes complejos ¿mejorará el rendimiento por unidad de superficie?

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la respuesta del híbrido de maíz (*Zea Mays*) PIONEER 3041, a los fertilizantes complejos en Río verde, Santa Elena.

Objetivos específicos

- ✓ Establecer el efecto de los fertilizantes complejos en las variables agronómicas y de producción del híbrido de maíz PIONEER 3041.

- ✓ Realizar un análisis económico de los tratamientos utilizados en el estudio.

Hipótesis:

Por lo menos, un tratamiento con fertilizante complejo sobresale en el rendimiento.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Conceptos generales

El maíz es una planta anual perteneciente a las gramíneas, robusta con crecimiento determinado, su altura fluctúa entre 1 a 2,5 m; posee un solo tallo dominante erecto herbáceo y robusto con presencia de nudos y entrenudos distantes, las hojas son alternadas entre 15 a 25 y alargadas de 4 a 10 cm de ancho y 35 a 80 cm de largo (Méndez, 2016)

Las raíces son fibrosas y adventicias, crecen de manera rápida, pueden llegar a penetrar hasta 2,5 m de profundidad y cumplen la función de absorción de nutrientes; además de dar un perfecto anclaje. Es una planta monoica, la inflorescencia masculina o panícula se presenta en el ápice del tallo y está compuesta de un eje central y ramas laterales donde se asientan las flores, estas se agrupan en espiguillas pareadas; La inflorescencia femenina se ubica en las yemas axilares (Fernández, 2010).

De acuerdo a Intagri (2016), durante el desarrollo del maíz se presentan diferentes etapas o fases, que siguen un orden riguroso e irreversible. La fase vegetativa empieza desde la siembra de la semilla y comprende la formación de las plántulas, expansión del follaje donde se inicia la capacidad fotosintética de las plantas hasta poco antes que se inicie la etapa reproductiva donde es poco visible la espiga del maíz. El cultivo tolera muy poco la pérdida de follaje por ataque de plagas, pues en esta fase la mayor parte de energía se dirige hacia las hojas. La fase reproductiva inicia en el momento donde la espiga del maíz se visualiza y culmina cuando el cultivo llegue a su madurez fisiológica.

Según Anchundia (2015), para sembrar el maíz es necesaria que el suelo posea una temperatura media de 10 °C, y que posteriormente esta vaya en aumento. La temperatura más favorable para la germinación se encuentra alrededor de 15 °C. Durante la fase de crecimiento, es necesaria temperaturas entre 24 y 30 °C. Los problemas en la actividad celular se presentan con temperaturas superiores a 30 °C reduciendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

En la fase de floración necesariamente convive con temperaturas de 18 °C mínimo. Además las mayores demandas hídricas del cultivo corresponden a la fase de floración, comenzando 15 ó 20 días antes de este periodo crítico de necesidades de agua. El maíz se adapta a diferentes suelos, pero prefiere un pH entre seis y siete se adapta a valores más bajos y elevados, siempre que el exceso de cal no interfiera en el bloqueo de microelementos.

Para Álava (2012), las distancias de siembra que se recomiendan para el cultivo de maíz son de 0,90 x 0,20 m, o 0,90 x 0,40 m dando un total de 55 555 plantas/ha. Mientras que con un marco de siembra de 0,80 x 0,20, o 0.80 x 0,40 m se obtienen una densidad de 62 500 plantas/ha; colocando una o dos semillas por golpe respectivamente.

1.1.1. Ventajas y desventajas de los híbridos de maíz

El desarrollo de los híbridos brinda grandes beneficios a los productores. Uno de estos es el efecto de la heterosis o vigor híbrido. El desempeño de estas variedades es superior a su mejor línea parental, además de mostrar mejor uniformidad en su desarrollo. Otra particularidad es que no pueden utilizarse como semilla propia sin que se modifiquen las características de la variedad (Bruíns, 2010).

Según Aguayo (2015), el uso de los híbridos de maíz logra un aumento de un 15 a 20% en la producción de granos frente a las variedades de polinización abierta. Además bajo un programa de fertilización completa y una población adecuada de plantas por hectárea los híbridos logran mayores rendimientos en grano.

Para Rodríguez (2013), entre las ventajas de los híbridos, respecto a las variedades criollas, se pueden mencionar uniformidad en altura de las plantas y en la floración, plantas cortas pero vigorosas y a su vez resistentes al acame, mayor precocidad en el desarrollo inicial y aumento en la producción del grano.

Las desventajas del uso de híbridos, de acuerdo a Ortigoza (2019) son:

- ✓ El área de adaptación es muy reducida, tanto en tiempo como en espacio por su alta interacción con el ambiente.

- ✓ Es necesario obtener semillas para las futuras siembras considerando el costo de adquisición.
- ✓ Para que el híbrido exprese todo su potencial genético es necesario el uso de tecnología avanzada y de los insumos necesarios.

1.2. Influencia de los macro y micronutrientes

1.2.1. Macronutrientes

El maíz tiene una alta capacidad para absorber nutrientes y requiere alta fertilización; entre los elementos considerados esenciales están los macro elementos primarios como el nitrógeno, fósforo y potasio. Entre los secundarios, el azufre, calcio y magnesio. Todos estos elementos son necesarios para el desarrollo de las plantas la diferencia está en que unos los requiere en mayor cantidad (Ríos, 2015).

La influencia de los macronutrientes en el cultivo de maíz, de acuerdo a Anchundia (2015) son las siguientes:

- **Nitrógeno:** influyen en el rendimiento y calidad de la cosecha, de él depende el contenido de proteínas que posea el grano. Una deficiencia de N en la planta; disminuye el vigor, ocasionando presencia de hojas pequeñas, las puntas de estas se tornan amarillentas y poco a poco se extiende a lo largo de la nervadura central que da lugar al típico síntoma de secado en V. Al acentuarse la carencia de este elemento la hoja entera se torna amarilla, y paulatinamente las demás hojas sobre esta se vuelven amarillas. La absorción del 75% de las necesidades totales de este nutriente tiene lugar a los diez días antes de la floración y se prolonga durante los próximos 25 a 30 días después de esta. Un síntoma característico de la falta de N en la planta se refleja en las mazorcas, las puntas de estas no presentan granos.
- **Fósforo:** este nutriente es necesario para el desarrollo aéreo de la planta, el desarrollo de las raíces y el rendimiento del grano. Su deficiencia ocasiona un sistema radicular reducido, las hojas presentan un color verde oscuro, genera tonalidades purpuras en los bordes; al ser un elemento móvil dentro de la

planta, estos síntomas aparecen en primer lugar en hojas basales. El ácido fosfórico interviene en la fecundación y el desarrollo del grano.

Los pistilos emergen muy lentamente frente a una carencia de P produciendo fecundaciones que dan mazorcas irregulares. La planta absorbe el ácido fosfórico en las proximidades de la floración y se prolonga durante tres meses.

- Potasio: es un elemento importante para el vigor de las cañas y un buen desarrollo de la parte aérea del maíz. Su deficiencia se manifiesta cuando el borde y punta de las hojas inferiores se secan y se tornan de un color amarillento. Además, produce raíces débiles sensibles al encamado, ataque de insectos y fragilidad del tallo hacia la madurez. En la mazorca su deficiencia causa como en el N, puntas vacías.
- Magnesio: la deficiencia de este nutriente se manifiesta en las hojas más viejas, ocasiona necrosis de las nervaduras. Se presentan lesiones en forma de salpicaduras con tonalidad amarillenta o blanca. Los tejidos de la nervadura central permanecen color verde por más tiempo.
- Azufre: la planta absorbe este elemento en forma de SO_4^{-2} , mediante las raíces y por las hojas como dióxido de azufre de la atmosfera. Es un constituyente estructural en compuestos orgánicos requeridos para la síntesis de aminoácidos. Importante en la protección de celular al evitar deshidratación por sequía, su deficiencia se expresa en la planta con una clorosis en hojas jóvenes, además de hojas delgadas con aspecto arbustivo y crecimiento limitado

1.2.2. Micronutrientes

Las plantas requieren microelementos en cantidades pequeñas para su normal desarrollo; la deficiencia de estos limita el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz. Entre los micronutrientes destacan: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Boro (B) y Molibdeno (Mo); la nutrición equilibrada de las plantas expresa el máximo potencia genético de híbrido o variedad utilizados (Carpio, 2017).

De acuerdo a Intagri (2018), la función de los microelementos son las siguientes:

Hierro: es absorbido por las raíces en forma de ion ferroso (Fe^{2+}), asume función catalizador en procesos tales como formación de clorofila y procesos respiratorios. Su disponibilidad se ve influenciada por la temperatura y excesos de elementos como fosforo, aluminio y metales pesados. La deficiencia de este microelemento se refleja hojas jóvenes en forma de clorosis intervenal.

Manganeso: la planta absorbe este nutriente en forma de ion (Mn^{2+}). Su rol de catalizador en la formación de clorofila. Es poco móvil en las plantas y su disponibilidad es baja en suelos alcalinos. Su deficiencia se manifiesta en hojas jóvenes y adultas, en forma de manchas necróticas.

Zinc: su absorción es por vía radicular y foliar como ion divalente (Zn^{2+}), su función implica sintetizar el triptófano, precursor de auxinas (hormonas de crecimiento vegetal). Este micronutriente es antagónico del Fe y P; y hace sinergia con el Cu y Mg. Su disponibilidad es reducida en suelos alcalinos. La deficiencia de zinc en las plantas manifiesta un acortamiento de entrenudos y frutos pequeños. Además de manchas internervales verde pálido, amarillas o blancas.

Cobre: participa en la activación de enzimas, es absorbido como ion (Cu^{2+}). Su deficiencia se presenta cuando hay presencia excesiva de fosforo. La falta de este micro elemento se manifiesta en partes apicales de la planta de maíz.

Boro: Se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas, es absorbido como ácido bórico H_3BO_3 . Su importancia radica en influenciar procesos fisiológicos del control hormonal entre los que se encuentran la floración, fructificación, germinación del polen. Su presencia influye en la membrana en la transferencia de azúcares al interior de la planta, además de influenciar el alargamiento del tubo polínico lo que beneficia la fecundación del óvulo.

El exceso de N afecta la disponibilidad del boro. Es un micro elemento poco móvil, su deficiencia se manifiesta en el ciclo reproductivo, con un engrosamiento de las hojas, fragilidad y puntos cloróticos.

Molibdeno: es más asimilable en suelos alcalinos, la planta lo absorbe como (MoO_4^-), su deficiencia ocasiona clorosis en hojas basales más viejas, mientras que las hojas jóvenes resultan pálidas y menos desarrolladas.

1.3. Requerimiento nutricional

Para Tamayo (2015), los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de producción esperada y a las condiciones ambientales del lugar, menciona para el maíz la cantidad de nutrientes (Tabla 1).

Tabla 1. Requerimiento nutricional para producir una tonelada de grano de maíz

| N | P | K | Ca | Mg | S | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -----kg ton ⁻¹ ----- | | | | | | |
| 22 | 4 | 19 | 3 | 3 | 4 | |
| -----g ton ⁻¹ ----- | | | | | | |
| B | Cl | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
| 20 | 444 | 13 | 125 | 189 | 1 | 53 |

Fuente: Tamayo, (2014).

Yara (2018), señala la absorción de macro y micronutrientes para obtener siete toneladas por hectárea (Tabla 2).

Tabla 2. Requerimiento nutricional para producir siete toneladas de grano de maíz

| Macronutriente | Requerimiento (kg) | Micronutriente | Requerimiento (kg) |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| N | 210 | B | 0,3 |
| P ₂ O ₅ | 86 | Cl | - |
| K ₂ O | 193 | Cu | 0,11 |
| CaO | 40 | Fe | 1,03 |
| MgO | 50 | Mn | 1,51 |
| S | 26 | Mo | 0,02 |
| | | Zn | 0,42 |

Fuente: Yara (2018).

De acuerdo a Remache y Carrillo (2017), la absorción de macronutrientes en híbridos de alto rendimiento aumenta utilizando una dosis de 132 kg ha⁻¹ de N, 46 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O, 50 kg ha⁻¹ de MgO y 40 kg ha⁻¹ de S.

Alcívar (2018) las necesidades nutricionales de los híbridos de maíz para obtener un rendimiento de 100 qq ha⁻¹ se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Requerimiento nutricional para producir 100 qq ha⁻¹

| N | P₂O₅ | K₂O | Ca | Mg | S |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------|
| -----kg ton ⁻¹ ----- | | | | | |
| 90 | 27 | 26 | 11 | 13 | 10 |

Fuente: Alcívar (2018)

1.3.1. Criterios para manejo de la fertilización

Según Yara (2012), el nitrógeno es un elemento que se requiere en grandes cantidades en el cultivo de maíz e influye en el aumento de la materia seca y cosecha. La aplicación fraccionada funciona mejor en suelos ligeros, y mantienen una buena disponibilidad de este nutriente.

El requerimiento de fósforo en este cultivo es muy baja, pero es imprescindible durante las primeras etapas de desarrollo, para un buen desarrollo radicular además de impulsar el crecimiento de brotes. El potasio al igual que el nitrógeno se requiere en grandes cantidades y su mayor demanda se presenta durante la elongación del tallo.

Borbor (2013) manifiesta que la fertilización se debe de realizar en tres etapas. La primera al momento de la siembra, la segunda cuando las plantas presenten entre seis a ocho hojas y la tercera, a los 45 días después de la siembra. Los valores de aplicación de fertilizantes deben estar sujetos a los valores del análisis de suelo.

De acuerdo a Vergara y Escalante (2011), los nutrientes deben aplicarse en una mezcla que contenga la cantidad requerida de elementos para el desarrollo del cultivo. Para el nitrógeno la primera dosis debe contener entre un 20 a 30% del requerimiento y suministrada a la siembra, el 70 a 80% restante se aplicará cuando las plantas presenten siete hojas. La parcialización de este elemento es necesaria para reducir las pérdidas por lixiviación y volatilización.

El fosforo y el potasio al ser elementos poco móviles en el suelo su aplicación debe ser localizada con el total de la dosis al momento de la siembra. Para facilitar la absorción de estos elementos por parte de las raíces se debe de ubicar a 7 u 8 cm a lado de la hilera.

Fertiberia (2019) plantea que los cultivos asimilan de mejor forma el azufre cuando este es aportado junto con fertilizantes que contengan nitrógenos, fosforo, potasio y el resto de los microelementos. Debido a que ralentiza el proceso de nitrificación lo que ocasiona una liberación progresiva; además, moviliza al fósforo y potasio mejorando su asimilación en la planta.

El aporte de los elementos secundarios y microelementos es necesario cuando no estén presentes es el mismo o cuando no se encuentre disponibles para el cultivo. Por esta razón es necesario incorporarlos de fondo para que estén disponibles cuando el cultivo los requiera en sus diferentes etapas fenológicas.

Para Yara (2018), los microelementos que el cultivo absorbe en mayor cantidad son el hierro y el manganeso, mismos que intervienen en diferentes procesos el desarrollo vegetativo. No obstante, el zinc y el boro son nutrientes que se remueven en cantidades menores pero de vital importancia en la formación del grano.

1.4. Características de los fertilizantes

Según Laserna (2017), los fertilizantes complejos son aquellos que en su composición contienen los nutrientes básicos como nitrógeno, fosforo, potasio o microelementos; además de presentar contenidos mínimos de los nutrientes secundarios o microelementos. Su aplicación es en cementera o fondo y de forma homogénea, a una profundidad adecuada para que los nutrientes estén disponibles para la planta y facilitar su absorción.

Para Marcillo (2015), YaraMila es una gama de fertilizantes completos, sus fórmulas contienen nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), para una nutrición eficiente. Además dentro de su formulación se encuentran elementos secundarios como el magnesio (Mg) y azufre (S), también proporcionan micronutrientes manganeso (Mn), Zinc (Zn), esenciales para el desarrollo de todos los cultivos. El prill del Yaramila es un fertilizante de alta eficiencia y disponibilidad, proporciona más nutrientes a las raíces y controla la absorción por su contenido balanceado de nitrógeno nítrico y amoniacal.

De acuerdo a Fertimax (2018), Yaramila Hydran aporta de forma equilibrada con nitrógeno nítrico y amoniacal durante el crecimiento del cultivo, el fosforo está en

forma asimilable para las plantas durante el desarrollo radicular. Su alto contenido de potasio se encuentra en balance con el magnesio, azufre y micronutrientes como boro y zinc elementos necesarios para obtener cosechas de óptima calidad.

Por su contenido de microelementos incrementa la resistencia enfermedades y a su vez disminuye el aborto de flores y frutos; promueve la mejor utilización de nitrógeno y fósforo. Entre los elementos presentes en su formulación se encuentra el nitrógeno en dos formas nítrico 9,1% y amoniacal 9,6 %, Fosforo P_2O_5 4%, Potasio K_2O 18,8%, Magnesio Mg 3%, Azufre S 1,8 % y SO_3 4,5%, Boro 0,1% y Zinc 0,1% (Fertilizantes Yara, 2018).

De acuerdo a Nutrición Vegetal (2018), Yaramila Complex es un fertilizante químico complejo de color verde claro y granulado (entre 2,0 y 5,0 mm) de muy fácil manejo, su fácil solubilidad permite emplearlo en sementera como en cobertera. Proporciona a los cultivos una nutrición equilibrada por su contenido de macro y micro nutrientes en diferentes proporciones.

Su contenido de nitrógeno nítrico y amoniacal beneficia a la planta en varias fases de crecimiento. Todo el fosforo que contiene está disponible y asimilable, un 20% de este se encuentra en forma de polifosfato, de esta forma se asegura una asimilación prolongada durante el desarrollo radicular. El potasio es un elemento esencial y dentro de este compuesto se encuentra soluble y asimilable para los cultivos otorgando calidad a las cosechas. El contenido de magnesio, azufre y microelementos en yaramila complex ayuda en procesos de generación de clorofila y formación de enzimas, proteínas y vitaminas (Navarro and Montes, 2017).

En su composición se encuentran: Nitrógeno en forma nítrica 5% y amoniacal 7%, Fosforo P_2O_5 11%, Potasio K_2O 18%, Magnesio Mg 2,7%, Boro B 0,015%, Hierro Fe 0,2% y Manganeso Mn 0,02%. Su aplicación es al inicio del ciclo de los cultivos, de esta forma brinda una nutrición balanceada a las plantas en sus diferentes fases de desarrollo (Nutrición Vegetal, 2018).

Según Jiménez (2014), el fertilizante Yaramila Nitrabor es soluble con nitrógeno y calcio. Se disuelve rápidamente en agua, sin dejar residuos. Su consistencia es granular y se aplica en cultivos con requerimientos de boro, pues este elemento incrementa la

estructura celular de las plantas, mejora el desarrollo de las raíces otorgando una buena floración, fructificación y a su vez evita abortos florales, dando como resultado una planta con tejidos fuertes pero elásticos.

El aporte del calcio soluble y asimilable ayuda en el mejoramiento de los suelos pesados y con falta de aireación. Cada granulo de este fertilizante posee nitrógeno nítrico NO_3 14,25%, calcio hidrosoluble CaO 26% y los microelementos Boro 0,3%, necesarios para complementar la nutrición vegetal y de esta forma llegar a un óptimo rendimiento de las plantas.

El Nitrato de amonio es un fertilizante que posee buen contenido de nitrógeno. El nitrato es aprovechado de forma directa por las plantas mientras que el amonio es oxidado a nitrito o nitrato por microorganismos presentes en el suelo, y sirve como abono de larga duración. Este elemento es importante en las plantas porque ayuda al crecimiento, forma parte de la célula viva. Las plantas absorben N en forma de iones (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) y en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje (Valencia, 2015).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Prácticas Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicado en la comuna Río Verde, parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, en el km 29 de vía Salinas–Guayaquil. Las coordenadas geográficas del lugar de estudio son: UTM Datum WGS84 zona 17S 533412 O y 9745124 S con una altitud de 12 msnm.

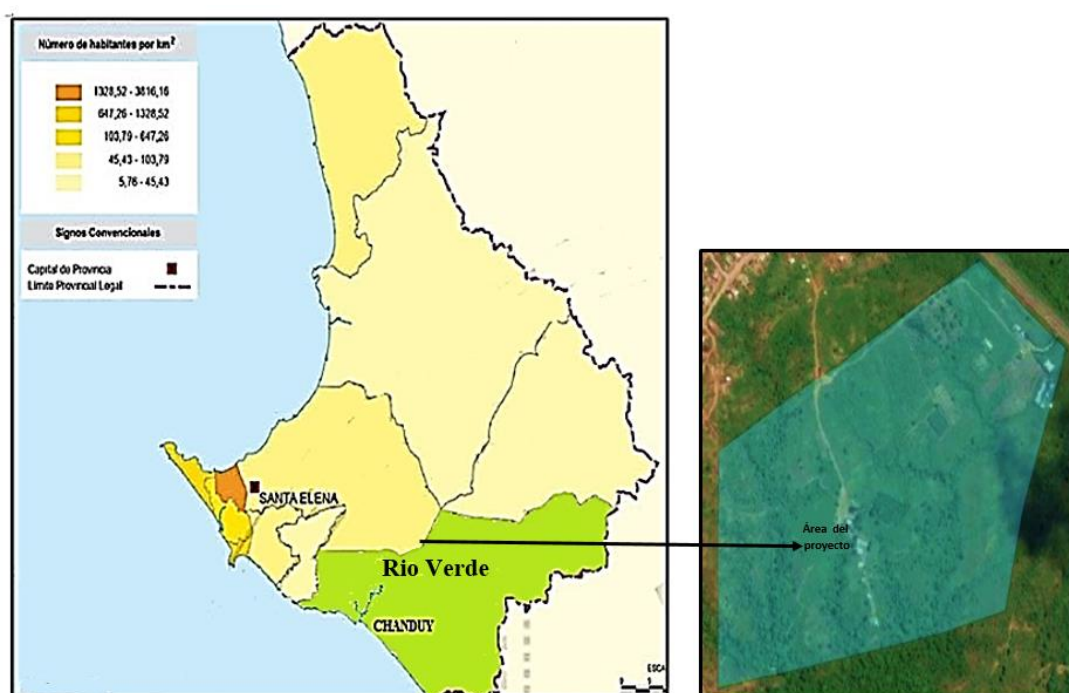


Figura 1. Localización del experimento, Centro de Prácticas Río Verde.

Fuente: Geoportal (2012).

La tabla 4 señala promedios del clima en los meses de siembra a cosecha.

Tabla 4. Temperatura en los meses de siembra y cosecha del maíz.

| Año 2019 | T °C Máxima | T °C Mínima | Precipitación (mm) |
|----------|-------------|-------------|--------------------|
| Enero | 28,3 | 24 | 20,4 |
| Febrero | 29 | 26,3 | 196,3 |
| Marzo | 29 | 26,1 | 21,9 |
| Abril | 28 | 25,2 | 2,5 |
| Mayo | 27,7 | 23,8 | 1,3 |

Fuente:(INAMHI, 2019)

2.2. Características agroquímicas del suelo

Los análisis físico y químico de las muestras suelo señalan suelos franco-arcillo-arenoso y francos arenosos. Los nutrientes con mayor presencia son P, K, Ca, Mg y en menor proporción el N, con baja presencia de materia orgánica (Tabla 5).

Tabla 5. Propiedades químicas del suelo

| Elementos | Cantidad ug/ml | Interpretación |
|-----------|----------------|----------------------|
| pH | 7,7 | Prácticamente neutro |
| Nitrógeno | 30 | Medio |
| Fósforo | 40 | Alto |
| Potasio | 262 | Alto |
| Calcio | 2435 | Alto |
| Magnesio | 841 | Alto |

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. Insumos agrícolas

- ✓ Semillas
- ✓ Fertilizantes
- ✓ Herbicidas pre emergente
- ✓ Insecticida

2.3.2. Equipos de campo

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Calibrador
- ✓ Gramera
- ✓ Estacas
- ✓ GPS
- ✓ Balanza
- ✓ Letreros
- ✓ Piola

2.4. Material genético

Se utilizó el Híbrido Pioneer 3041, cuyas características se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6. Características del Híbrido de maíz Pioneer 3041

| Características | Híbrido Pioneer 3041 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Días de floración | 68 - 87 |
| Días a cosecha | 135 |
| Altura de planta (m) | 2,11 - 2,27 |
| Altura de mazorca (m) | 1,1 - 1,15 |
| Tipo de grano | Duro/ Color anaranjado |
| Hileras por mazorca | 16 - 22 |
| Tolerancia a acame | Alta |
| Relación grano - coronta | 83:17 |
| Tolerancia a enfermedades | Muy tolerante |

Fuente: Pioneer (2017).

2.5. Tratamientos y diseño experimental

En el experimento se consideró un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos (todos ellos dosis de nitrógeno 150 kg/ha), cuya fuente fue Nitrato de amonio, YaraMila Hydran, YaraMila Nitabor y YaraMila Complex.

Se consideró el nitrato de amonio como testigo; en los demás tratamientos el 10 % de la dosis total de nitrógeno fue abastecida de los fertilizantes complejos pues el fin de la investigación es tratar de establecer la influencia que podrían tener los microelementos presentes en su composición.

La diferencia fue adicionada con nitrato de amonio. Los grados de libertad están señalados en la Tabla 7 y los fertilizantes usados en la Tabla 8. Los resultados fueron sometidos al análisis de la varianza y cuando hubo significancia sus medias comparadas con el test de Duncan (≤ 0.05). Se utilizó el software estadístico InfoStat, versión profesional para Windows.

Tabla 7. Grados de libertad del experimento.

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Total | 19 |
| Bloques | 4 |
| Tratamientos | 3 |
| Error experimental | 12 |

Tabla 8. Fertilizantes usados en cada uno de los tratamientos.

| Tratamientos | Nomenclatura | Descripción |
|--------------|--------------|---------------------------------------|
| T1 | HP F1 | Nitrato de amonio |
| T2 | HP F2 | YaraMila Hydran + Nitrato de amonio |
| T3 | HP F3 | YaraMila Nitrobor + Nitrato de amonio |
| T4 | HP F4 | YaraMila Complex + Nitrato de amonio |

La tabla 9 señala la cantidad de principio activo (kg ha^{-1}) aplicados en los tratamientos del ensayo.

Tabla 9. Principio activo (kg ha^{-1}) aplicados en los tratamientos.

| Elementos | T1 | T2 | | T3 | | T4 | |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Nitrato de amonio | YaraMila Hydran | Nitrato de amonio | YaraMila Nitrobor | Nitrato de amonio | YaraMila Complex | Nitrato de amonio |
| N | 150 | 15,00 | 135 | 15,00 | 135 | 15,00 | 135 |
| S | | 1,42 | | ---- | | ---- | |
| B | | 0,08 | | 0,30 | | 0,02 | |
| Fe | | ---- | | ---- | | 0,25 | |
| Mn | | ---- | | ---- | | 0,03 | |
| Zn | | 0,08 | | ---- | | 0,03 | |

2.6. Delineamiento experimental

La distribución de los tratamientos en el campo se detalla en la Figura 2.

| | |
|------------------------|---|
| Numero de tratamientos | 4 |
| Numero de repeticiones | 5 |

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Número total de parcelas | 20 |
| Área total de la parcela | 67 m ² |
| Área útil de la parcela | 27 m ² |
| Área del bloque | 384 m ² |
| Área útil del bloque | 108 m ² |
| Efecto de borde | 1,5 m |
| Distancia entre hileras | 1 m |
| Distancia entre plantas | 0,2 m |
| Longitud de la línea de siembra | 11 m |
| Número de plantas por sitio | 1 |
| Número de plantas por línea | 55 |
| Número de plantas por parcela | 275 |
| Número de plantas del experimento | 5500 |
| Distancia entre bloques | 1,5 m |
| Área útil del ensayo | 540 m ² |
| Área neta del ensayo | 1814 m ² |
| Área total del ensayo | 2048 m ² |

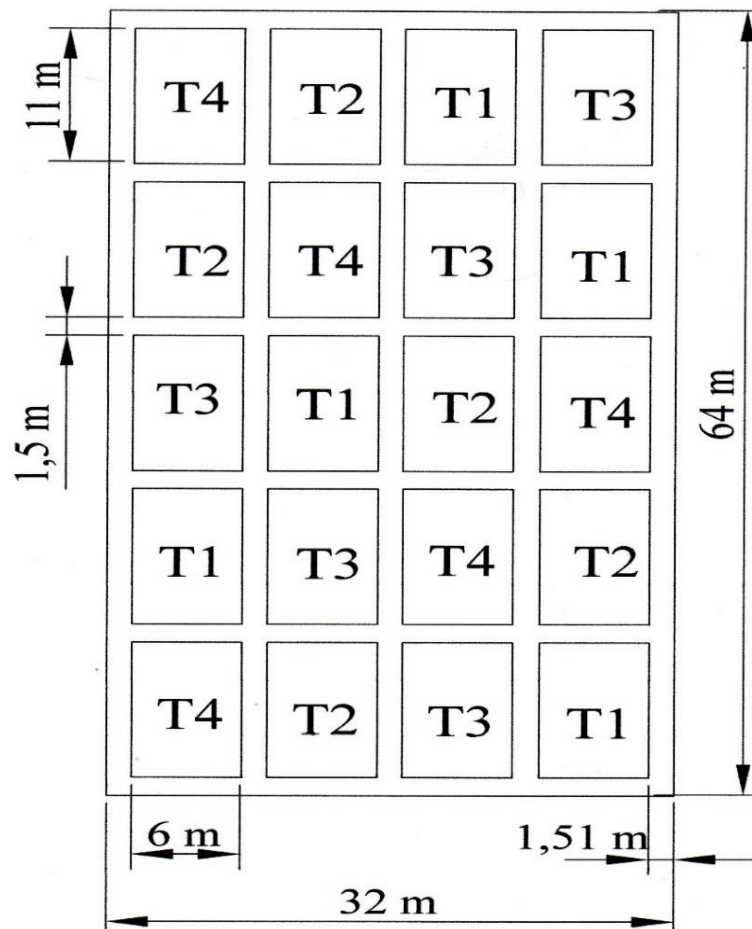


Figura 2. Disposición de los tratamientos en el campo.

2.7. Manejo del ensayo

2.7.1. Preparación del suelo

Arada necesaria para voltear el suelo a una profundidad no mayor a 30 cm, para oxigenar el terreno, eliminar las malezas y plagas, además de facilitar la incorporación de rastrojos de las cosechas anteriores en el campo.

2.7.2. Instalación de líneas de riego

Las cintas de riego se colocarán a un metro de distancia de acuerdo con la densidad de siembra.

2.7.3. Baliza y demarcación de tratamientos y repeticiones

Se procedió a colocar estacas y piola para delimitar cada una de las unidades experimentales y se colocaron los respectivos letreros para identificar las repeticiones y tratamientos.

2.7.4. Siembra

La siembra se efectuó en Enero del 2020, a 0,20 m entre plantas y 1 m entre líneas, ubicando una semilla por golpe.

2.7.5. Fertilización

Se utilizó los fertilizantes propuestos, de forma fraccionada en tres momentos del desarrollo fenológico del cultivo, a la siembra, 30 y 45 días después de la siembra. La aplicación se realizó con la ayuda de una bomba de mochila, capacidad 20 litros, de acuerdo a las dosis y días establecidos.

2.7.6. Control de malezas

Se realizó una aplicación de Dublon Gold herbicida post emergente selectivo para maíz, 50 g ha⁻¹ a los 20 días después de la siembra.

2.7.7. Control fitosanitario

A partir de los 20 días y con frecuencia diaria se realizó el respectivo monitoreo de plagas, y una vez que se confirmó la presencia de adultos de cogollero, se aplicó un insecticida de baja toxicidad.

2.7.8. Riego

El riego se realizó dependiendo a las necesidades del cultivo en cada etapa fenológica; considerando las precipitaciones que se presentaron durante su desarrollo.

2.7.9. Cosecha

Se realizó en forma manual dentro del área útil de cada parcela una vez que el maíz alcanzado la madurez fisiológica (estigmas completamente secos).

2.8. Variables a evaluar

2.8.1. Altura de planta (cm) a los 30,60 y 90 días

Se seleccionaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental y se consideró la altura de la planta, desde la base del tallo hasta la altura del ápice, los datos se registraron en centímetros.

2.8.2. Número de hojas a los 30, 60 y 90 días

Los datos de esta variable se recolectaron en 3 épocas diferentes del cultivo. Se seleccionaron 10 plantas de cada unidad experimental.

2.8.3. Diámetro del tallo (cm) a los 30,60 días

Se utilizó un calibrador vernier el cual se ubicó a una altura de 10 centímetros desde la base del tallo.

2.8.4. Días a la floración

Se determinó el número de días entre la siembra y la fecha, cuando el 50% de las plantas dentro de la parcela alcancen su estado de inflorescencia masculina.

2.8.5. Altura de inserción de la mazorca (cm)

Con la cinta métrica se procedió a medir la altura de inserción, empezando desde la base del tallo hasta la base de inserción de la primera mazorca, esta variable se registró a los 125 días después de la siembra.

2.8.6. Numero de mazorcas por hilera parcelas de 6 x 11

En cada área útil se registró el total de mazorcas por hilera y se cosecho una hilera de 11 metros de cada unidad experimental.

2.8.7. Peso de mazorcas (g)

Se obtuvo el peso de 10 mazorcas de maíz y sus valores fueron promediados en gramos/mazorca.

2.8.8. Peso de cien semillas (g)

De la parcela cosechada, se tomó 100 granos al azar y se registró en gramos.

2.8.9. Rendimiento por hectárea (kg ha⁻¹)

La producción obtenida dentro del área útil de cada tratamiento fue pesada y se derivó a kilos y quintales por hectárea.

2.8.10. Análisis económico

En esta variable se empleó un registro económico del costo para producir una hectárea de maíz (costo base). Adicional se calculó el costo de cada uno de los tratamientos, rendimiento e ingresos y de esta manera obtener la relación beneficio costo.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables agronómicas

La Tabla 10, señala las variables agronómicas altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo en diferentes periodos del ciclo vegetativo y la altura de inserción de la mazorca evaluada a los 125 días.

3.1.1. Altura de planta

De acuerdo al análisis de la varianza, en la altura de planta no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las tres evaluaciones, dando un promedio general de 204,1 cm a los 90 días; el coeficiente de variación se ubicó en un rango aceptable 4,98%. Velásquez (2016) reporta una mejor asimilación de nitrógeno en el híbrido Dekalb 7088 al fraccionar la dosis de aplicación 20% a los 15 días y 80% a los 45 días (150 kg ha^{-1}) y un marco de siembra de (0,8 x 0,2 m); registró 190 cm de altura a los 110 días. La mayor altura de este ensayo, posiblemente se explica a que la planta al tener más espacio se desarrolló mejor y al N presente aplicado. A su vez Campos (2012) manifiesta que la máxima acumulación de nitrógeno en la planta de maíz se encuentra desde el estadio V5-V6 hasta 15- 20 días después de la floración acumulando en este periodo entre un 60 y 70 % de los requerimientos totales en las partes vegetativas.

3.1.2. Número de Hojas

No hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El promedio para esta variable fue de 14,9 y su coeficiente de variación se estableció en 3,01%. Bruin *et al.*, (2017) menciona que los híbridos de Pioneer desarrollan hojas en función de su madurez y ambiente de crecimiento, alcanzando entre 15 a 20. Ospina y Vanegas (2012) señalan que el factor temperatura es el que más influye sobre el número de hojas en una planta, mientras que el agua y nutrientes afectan en menor medida esta característica. Esta investigación se realizó en los meses de invierno con temperaturas entre 27 y 29 °C, lo que revela un número de hojas superior, diferente a lo expuesto por López (2018) , quien en la época seca con los híbridos Trueno NB-7443, Agripac Copa SV 3243, obtuvo 13,56 y 13,76 hojas completamente desarrolladas.

3.1.3. Diámetro del tallo

Todos los tratamientos tuvieron medias poblacionales iguales en las dos evaluaciones realizadas; el promedio para esta variable con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ y a una edad de 60 días fue de 29,11 mm; Rodríguez (2013) en su experiencia con híbridos AGRI 201, Trueno NB 7443 e INIAP 601, obtuvo valores entre 20 y 22 mm a una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹; Farinelli *et al.* (2012) menciona que esta variable se ve influenciada a medida que se incrementa la densidad poblacional y a su vez por las características del material vegetal utilizado.

3.1.4. Días a la floración

A los 54 días, se evidenció que el 50 % de los tratamientos habían emitido la flor masculina y la femenina. Anchundia (2015) en su estudio sobre el comportamiento de del híbrido Pioneer 30F35 menciona que la floración se presentó a una edad de 58 días aplicando 180 kg de N en tres momentos del ciclo vegetativo. También Barrios y Basso (2018) confirman que los días a la floración depende de las características genéticas de cada material sembrado y del manejo de la fertilización nitrogenada. Probablemente por esta razón se prolongó el periodo vegetativo en este híbrido, permitiendo interceptar mayor radiación, favoreciendo la fotosíntesis y a su vez a la producción de fotoasimilados.

3.1.5. Altura de inserción de mazorca

En la variable altura de inserción de mazorca se observa dos grupos estadísticos; el mayor valor se presentó en los tratamientos T4 (YaraMila Complex + Nitrato de amonio) 97,20 cm y T2 (YaraMila Hydran + Nitrato de amonio) 96,22 cm. Ortega *et al.* (2011) manifiesta que la altura de planta y altura de inserción están relacionadas, a mayor altura de la planta se obtiene una mayor altura de inserción y viceversa, ubicándose la mazorca por lo general en el tercio medio de la planta. Aunque estadísticamente el híbrido Pioneer 3041 no presentó significancia estadística en la variable altura de planta, los tratamientos T2 Y T4 lograron valores superiores entre 205,0 y 208,60 cm. Esto posiblemente explica que los tratamientos con fertilizantes complejos logren mayor altura en la inserción de mazorca.

Tabla 10. Características agronómicas del híbrido de maíz bajo el efecto de fertilizantes complejos

| Tratamientos/VARIABLES | Altura de planta 30 días (cm) | Altura de planta 60 días (cm) | Altura de planta 90 días (cm) | Número de hojas 30 días | Número de hojas 60 días | Número de hojas 90 días | Diámetro tallo 30 días (mm) | Diámetro tallo 60 días (mm) | Altura inserción mazorca(cm) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| T1 Nitrato de amonio | 64,46 a | 195,00 a | 204,80 a | 9,50 a | 12,60 a | 15,20 a | 22,07 a | 29,21 a | 88,08 b |
| T2 YaraMila Hydran + Nitrato de amonio | 62,12 a | 194,40 a | 205,00 a | 9,04 a | 12,86 a | 15,05 a | 21,14 a | 28,67 a | 96,22 a |
| T3 YaraMila Nitrobor + Nitrato de amonio | 62,54 a | 186,00 a | 198,00 a | 9,06 a | 12,62 a | 14,82 a | 21,68 a | 29,39 a | 90,56 b |
| T4 YaraMila Complex + Nitrato de amonio | 65,88 a | 196,60 a | 208,60 a | 9,42 a | 12,78 a | 14,92 a | 22,15 a | 29,17 a | 97,20 a |
| Promedio | 63,75 | 193,00 | 204,10 | 9,25 | 12,71 | 14,99 | 21,76 | 29,11 | 93,02 |
| C.V (%) | 9,49 | 6,61 | 4,98 | 6,48 | 4,81 | 3,01 | 7,76 | 3,18 | 5,2 |

Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente (Duncan > 0.05)

3.2. Variables de producción

3.2.1. Mazorcas por hilera

Entre los tratamientos que sobresalieron en la evaluación de mazorcas por hilera se encuentran T4 (YaraMila Complex + Nitrato de amonio), con 50 mazorcas y T2 (YaraMila Hydran + Nitrato de amonio), logrando 49,20 mazorcas por hilera.

3.2.2. Peso de mazorcas

La presencia de los macro y micronutrientes en la planta y del riego aplicado, fueron fundamentales para el desarrollo y peso de las mazorcas; en este ensayo se registraron los mayores valores en los tratamientos con fertilizantes complejos T2 205,26 g y T4 207,98 g. Ortega (2018) investigó el efecto de la fertilización con (N+P+K+Zn+B+Si) en el híbrido Trueno NB-7443 y alcanzó entre 140 y 203 g en el peso de la mazorca. Mendoza (2006) señala que durante el llenado del grano las semillas reciben asimilados conteniendo C y N que provienen de las hojas y tallo. Cortes (2012) menciona la importancia del azufre en la fertilización de maíz, pues es un elemento fundamental para mejorar la absorción de N en las plantas. A su vez Dourado *et al.*, (2015) sostiene que la aplicación de Zn y B en el maíz influyen de forma positiva en el número de granos por mazorca. Los fertilizantes complejos utilizados en T2 y T4 poseen estos elementos en su composición, los cuales son sinérgicos con el N. Esto explica los valores de peso de mazorca registrados en estos tratamientos.

3.2.3. Peso de 100 granos

Basado en el análisis estadístico sobre el peso de cien granos, se observó que existe diferencia entre tratamientos, siendo T4 (YaraMila Complex + Nitrato de amonio) el de mayor peso en esta variable con 41 g. Difiere a lo obtenido por López (2018) con el híbrido Das 3383 en la comuna Zapotal donde registró un valor de 32,76 g. A su vez Morejón (2017) reporta con el maíz FR Bt1, aplicando diferentes dosis de fertilización NPK, 37,8 g en cien granos. Según Ballesteros *et al.*, (2015), la fertilización nitrogenada influye sobre el aumento de peso de los granos, pues es posible aumentar la fracción de N que pasa al grano y esto se ve reflejado en la productividad del cultivo. Los micro elementos en el T4 proporcionan mayor asimilación del nitrógeno aplicado y esto se refleja en el peso del grano. Según Coelho (2010), la aplicación de

micronutrientes al suelo en diferentes momentos del cultivo influye de forma positiva en el aumento de productividad.

3.2.4. Rendimiento

Los tratamientos con fertilizantes complejos T4 (YaraMila Complex + Nitrato de amonio) y T2 (YaraMila Hydran + Nitrato de amonio) lograron mejores rendimientos (7283,3kg ha⁻¹ y 7050,0 kg ha⁻¹, respectivamente), pero inferiores a lo expuesto por Rodríguez (2014) quien con el híbrido Pioneer 3041 y densidad 62 500 plantas por ha, en la zona de Balzar registró 7987 kg ha⁻¹. Ponce (2015) menciona que la obtención de altos rendimientos depende de las características agronómicas de cada híbrido o variedad, del manejo y del nivel de fertilización empleado. Ferraz *et al.* (2013) señala que el ambiente influye directamente en la expresión de los genes de híbridos y variedades; esto conlleva a expresar el mejor potencial en condiciones similares a las que estas han evolucionado o adaptado.

Tabla 11. Variables de producción Híbrido Pioneer 3041 bajo el efecto de fertilizantes complejos.

| Tratamientos/VARIABLES | Mazorcas por hilera | Peso de mazorca (g) | Peso 100 granos (g) | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | qq ha ⁻¹ |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| T1 Nitrato de amonio | 45,80 b | 193,92 a | 38,40 b | 6750,00 b | 150,00 b |
| T2 YaraMila Hydran + Nitrato de amonio | 49,20 a | 205,26 a | 40,80 a b | 7050,00 a b | 156,67 a b |
| T3 YaraMila Nitrobor + Nitrato de amonio | 47,60 a b | 200,14 a | 39,20 a b | 6850,00 a b | 152,22 a b |
| T4 YaraMila Complex + Nitrato de amonio | 50,00 a | 207,98 a | 41,00 a | 7283,33 a | 161,85 a |
| Promedio | 48,15 | 201,82 | 39,85 | 6983,25 | 155,19 |
| C.V (%) | 9,49 | 6,61 | 4,98 | 6,88 | 5,05 |

Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre (Duncan > 0.05)

3.3. Análisis económico

Para el análisis económico se consideró un costo base para la producción de una hectárea de maíz (preparación de suelo, semilla, control de plagas, control de malezas, riego y cosecha). En el costo del agua se empleó un valor de 0,05 centavos de dólar por m³, el costo del equipo de riego se depreció para cuatro ciclos.

Se tomó como referencia un rendimiento de 150 qq ha⁻¹, pues el rendimiento en los tratamientos es similar. El valor de cosecha se establece por la mano de obra requerida para esta actividad; mientras el costo del desgrane se enmarca en 0,40 centavos de dólar por cada saco de 45 kg.

En la Tabla 12, se establece al tratamiento 4, como el de mayor costo con \$ 327,2 y al mismo tiempo, los mayores ingresos \$ 2427,8. En base a la relación Beneficio/Costo se define que los tratamientos T4 (YaraMila Complex + Nitrato de amonio) y T2 (YaraMila Hydran + Nitrato de amonio) alcanzaron la mayor rentabilidad \$ 1,44, seguidos del T1 (Nitrato de amonio) con \$1,42. Los resultados obtenidos en el ensayo demuestran que en los cuatro tratamientos se obtuvo rentabilidad.

Tabla 12. Análisis económico de los tratamientos, dólares

| Tratamientos | Costo base | ¹ Cosecha qq ha ⁻¹ | ² Desgrane | Subtotal | Costo tratamientos hectárea | | | Costo total | Rendimiento kg ha ⁻¹ | qq ha ⁻¹ | Ingresos | Relación B/C |
|----------------------|------------|--|-----------------------|----------|-----------------------------|------------------|-------------------|-------------|---------------------------------|---------------------|----------|--------------|
| | | | | | Costo fertilizante | Costo aplicación | Costo tratamiento | | | | | |
| T1 Nitrato de amonio | 1142,5 | 150 | 60,0 | 1352,5 | 188,6 | 45,00 | 233,6 | 1586,0 | 6750 | 150,0 | 2250,0 | 1,42 |
| YaraMila Hydran+ | | | | | | | | | | | | |
| T2 Nitrato de amonio | 1142,5 | 150 | 62,7 | 1355,1 | 232,9 | 45,00 | 277,9 | 1633,0 | 7050 | 156,7 | 2350,0 | 1,44 |
| YaraMila Nitrobor+ | | | | | | | | | | | | |
| T3 Nitrato de amonio | 1142,5 | 150 | 60,9 | 1353,3 | 233,7 | 45,00 | 278,7 | 1632,1 | 6850 | 152,2 | 2283,3 | 1,40 |
| YaraMila Complex+ | | | | | | | | | | | | |
| T4 Nitrato de amonio | 1142,5 | 150 | 64,7 | 1357,2 | 282,2 | 45,00 | 327,2 | 1684,4 | 7283 | 161,9 | 2427,8 | 1,44 |

¹El valor de cosecha se establece por la mano de obra requerida

²Costo del desgrane 0,40 centavos de dólar por cada saco de 45 kg

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se destacan los tratamientos con fertilizantes complejos, pues producen un efecto positivo en las plantas y se refleja especialmente en el peso de 100 granos y en el rendimiento.

El tratamiento 4 (Yaramila Complex + Nitrato de amonio) supera en el rendimiento a los demás, por lo que se acepta la hipótesis planteada.

El análisis económico determinó que los tratamientos T4 Yaramila Hydran +Nitrato de amonio y T2 Yaramila Complex + Nitrato de amonio generaron los mayores ingresos y una relación beneficio/costo aceptable.

Recomendaciones

Realizar ensayos con el híbrido Pioneer 3041, con mayor porcentaje de participación de los principios activos presentes en los fertilizantes complejos Yaramila Hydran y Yaramila Complex.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo, Í. (2015) Comparación de dos híbridos comerciales de maíz en la zona de Balzar, provincia del Guayas. Tesis de grado. Facultad de Educación Técnica para el desarrollo. Universidad Católica de Santiago De Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4529/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-67.pdf>.

Álava, M. (2012) Buenas prácticas agrícolas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L) y maní (*Arachis hypogaea* L.), en el cantón Rocafuerte. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Alcívar, D. (2018) Efectividad de fertilizantes arrancadores fosfatados sobre la productividad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

Ballesteros, E., Morales, E. and Cuevas, E. (2015) 'Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale, Toxoco-México', 6(4), p. pp 2-8.

Barrios, M. and Basso, C. (2018) 'Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz', Bioagro, 30(1), p. pp 39-48.

Borbor, G. (2013) Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en manglaralto, cantón Santa Elena. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península De Santa Elena. Manglaralto, Ecuador

Bruin, J., Carter, P. and keit, R. (2017) Corn Growth and Development, Dupont. Available at: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf (Accessed: 9 February 2021).

Bruíns, J. (2010) El aporte del mejoramiento vegetal para la agricultura, Seednews. Available at: <http://seednews.com.br/edicoes/artigo/1578-el-aporte-del->

mejoramiento-vegetal-para-la-agricultura-edicao-janeiro-2010 (Accessed: 14 November 2019).

Campos, E. (2012) 'Fertilización de cultivos', in Antecedentes nutricionales del cultivo de maíz. 28th edn. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, p. 130.

Carpio, L. (2017) Efectos de dos programas de fertilización sobre el comportamiento agronómico de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Rocaurte. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Rocaurte, Babahoyo

Chaqui, C. (2013) Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* L.) tipo "mishca" a partir de medios hermanos y hermanos completos. Tumbaco, Pichincha. Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.

Coelho, C. (2010) 'Nutrición y fertilización del maíz', 78(4), pp 9-10.

Cortes, C. (2012) 'Respuesta, en invernadero, del maíz al azufre en dos suelos del estado de Puebla, México', 36(6), pp 633-642.

Farinelli, R., Penariol, F. and Fornasieri, D. (2012) 'Características agronómicas y rendimiento de los cultivares de maíz en diferentes espacios entre hileras y densidades de población', 40(4), pp 20-27.

Faustos, M. (2018) 'La producción de maíz en el 2019 será de 1,3 millones de toneladas', El Comercio, pp. pp1-3.

Fernández, L. (2010) Identificación de razas de maíz (*Zea mays* L.) presentes en el germoplasma cubano. Doctorado. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical 'Alejandro Humboldt'.

Ferraz, Y., Permuy, N. and Acosta, R. (2013) 'Evaluación de accesiones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de sequía en dos zonas edafoclimáticas del municipio Gibara, provincia Holguín. Evaluación morfoagronómica y estudios de la interacción genotipo x ambiente', Scielo 34 (4), pp 12.

Fertiberia (2019) Fertilizantes complejos tradicionales Fertiberia NPK S cítricos - Agricultura - Fertilizantes complejos tradicionales, Fertiberia. Available at: <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Fertilizantes-complejos-tradicionales-Fertiberia-NPK-S-citricos-138217.html> (Accessed: 17 September 2020).

Fertilizantes Yara (2018) Nutrición vegetal yaraMila hydran, Yara Colombia. Available at: <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/productos/yaramila/yaramila-hydran/> (Accessed: 17 August 2020).

Fertimax (2018) Ficha técnica yaramila hydran, Fertimax. Available at: [https://fertimax.com.mx/ft/FICHA%20TECNICA%20YARAMILA%20HYDRAN%20\(19-04-19+3MgO+2S+0.1B+0.1Zn\).pdf](https://fertimax.com.mx/ft/FICHA%20TECNICA%20YARAMILA%20HYDRAN%20(19-04-19+3MgO+2S+0.1B+0.1Zn).pdf) (Accessed: 18 September 2020).

Geoportal (2012) Mapa temático de la provincia de Santa Elena, Geoportal Ecuador. Available at: <http://www.geoportalmg.gov.ec/portal/index.php/descargas/geoinformacion/mapas-tematicos-provinciales/> (Accessed: 25 November 2019).

Hernández, X. (2018) Los números del maíz desde los puestos de trabajo, Infocampo. Available at: <https://www.infocampo.com.ar/los-numeros-del-maiz-desde-los-puestos-de-trabajo-hasta-el-flete/> (Accessed: 21 November 2019).

INAMHI (2019) Datos meteorológicos, Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas. Available at: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/contact.html?> (Accessed: 20 November 2020).

Intagri (2016) La fenología del maíz y su relación con la incidencia de plagas, Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-fenologia-del-maiz-y-su-relacion-con-la-incidencia-de-plagas> (Accessed: 14 November 2019).

Intagri (2018) Los micronutrientes en la nutrición de maíz, Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/micronutrintes-en-nutriocion-de-maiz> (Accessed: 27 November 2019).

Jiménez, A. (2014) 'Efecto de la modernización de la comunidad de regantes sobre el cultivo de maíz', 38(4), p. pp 102.

Laserna, S. (2017) Abonos compuestos, complejos y de mezcla - fertilizantes complejos, AgroEs. Available at: <https://www.agroes.es/agricultura/abonos/179-abonos-compuestos> (Accessed: 17 September 2020).

López, S. (2018) Alta densidad de siembra en el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L), Santa Elena. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Agraria del Ecuador. Available at: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUENCA%20LOPEZ%20SHYLA%20SAMANTHA.pdf> (Accessed: 9 February 2021).

MAG (2016) Mediante dos estrategias, Ecuador aumenta rendimientos de maíz, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Available at: <https://www.agricultura.gob.ec/mediante-dos-estrategias-ecuador-aumenta-rendimientos-de-maiz/> (Accessed: 3 October 2019).

Maizar (2012) El maíz, primero en el mundo, Maizar. Available at: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=392> (Accessed: 21 November 2019).

Marcillo, B. et al. (2017) 'Respuesta del maíz, variedad iniap 180, a la fertilización nitrogenada en Ambuela, Pichincha, Ecuador.', 1(1), pp 8-12. doi: 10.33996/revistaalfa.v1i1.11.

Marcillo, J. (2015) Respuesta del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK- 7088 a la fertilización con macro y microelementos, bajo riego por goteo en el cantón Balzar-Guayas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Méndez, A. (2016) Percepción de los productores de maíz (*Zea mays*, L.) sobre sus plagas claves: principales aspectos agroecológicos en área agrícolas de Venezuela. Primera edición. Venezuela: Editorial Universitaria. Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/100769?page=1>.

Mendoza, C. (2006) 'Área de floema y proliferación en maíz, Texoco- México', 34(2), pp 13.

Morejón, M. (2017) ‘Alternativas en la nutrición del maíz transgénico Fr-Bt1 de (*Zea mays* L.): respuesta en crecimiento, desarrollo y producción, La Habana- Cuba’, 38(4), pp 5-11.

Navarro, C. and Montes, A. (2017) Ficha técnica de yaramila complex, Navarro Montes Agro. Available at: <https://www.navarromontes.com/agricultura/309-yaramila-complex.html> (Accessed: 18 September 2020).

Nutrición Vegetal (2018) Fertilizantes yara, Yara Ecuador. Available at: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/productos/yaramila/yaramila-complex/> (Accessed: 17 August 2020).

Ortega, A. (2018) Efecto de la aplicación de fertilizantes macro y micro sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil.

Ortega, C., Torres, F. and Bethancourth, F. (2011) ‘Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) bajo condiciones de clima medio en el departamento de Nariño-Colombia’, 17(26), p. pp 6.

Ortigoza, J. (2019) Guía técnica del cultivo de maíz. Primera edición. San Lorenzo-Paraguay: Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo- Paraguay.

Ospina, J. and Vanegas, H. (2012) Evaluación de la producción de biomasa de maíz en condiciones del trópico colombiano, Agricultura.

Paltán, J. (2016) Percepciones y dinámicas socioambientales en manejo de agroecosistemas: caso de las comunas de sacachún y dos mangas, provincia de Santa Elena. Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Pioneer (2017) Maíz amarillo duro- hí-brido Pioneer 3041, DUPONT. Available at: <https://www.pioneer.com/web/site/peru/productos/maiz/3041/> (Accessed: 26 September 2019).

Ponce, J. (2015) Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Remache, M. and Carrillo, M. (2017) 'Absorción de macronutrientes y eficiencia del nitrógeno, en híbrido promisorio de maíz. Patricia Pilar, Ecuador', *Agronomía Costarricense*, 41(2), p. pp 14. doi: 10.15517/rac.v41i2.31303.

Ríos, P. (2015) Efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos en el cultivo de maíz *zea mayz*, híbrido iniap 551, parroquia lago agrio, canton Nueva Loja. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Loja.

Rodríguez, E. (2014) Evaluación agronómica de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en estado de choclo cultivados con dos poblaciones de siembra, en la zona de Balzar. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Rodríguez, J. (2013) Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Rodríguez, J. (2016) La selección del híbrido de maíz, Intagri. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/la-seleccion-del-hibrido-de-maiz> (Accessed: 22 November 2019).

Tamayo, L. (2015) Efecto de la aplicación de cinco dosis de fitohormona con dos niveles de fertilización en la productividad de maíz. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Toledo, M. (2016) Manejo de suelos ácidos de las zonas altas. Primera edición. IICA, Tegucigalpa, Honduras.

Valencia, G. (2015) Efecto de cinco niveles de nitrógeno en el cultivo de maíz (*zea mayz* l.) vía riego por goteo, utilizando dos fuentes de fertilizante. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.

Velásquez, C. (2016) Lixiviación de nitrógeno en el cultivo de maíz en la época lluviosa. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Vergara, E. and Escalante, A. (2011) Manual de recomendaciones de cultivo de maíz. Primera edición. Santiago: Fundación Chile.

Yara (2018) Requerimiento nutricional del maíz., Fertilizantes Yara. Available at: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/maiz/Resumen-nutricional/> (Accessed: 24 November 2019).

Zúñiga, L. (2016) Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*Zea mays* L) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato.

ANEXOS

Anexo 1. Altura de la planta a los 30 días (cm)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 64,30 | 57,70 | 75,20 | 69,40 | 55,50 | 64,42 |
| T2 | 64,60 | 66,54 | 64,40 | 55,90 | 59,00 | 62,09 |
| T3 | 56,70 | 56,60 | 77,10 | 68,00 | 53,60 | 62,40 |
| T4 | 65,40 | 73,70 | 67,50 | 61,50 | 60,20 | 65,66 |

Análisis de la varianza altura de la planta a los 30 días (cm)

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|---------------------|----|------|------|------|
| Altura (cm) 30 días | 20 | 0,49 | 0,2 | 9,49 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|-------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 429,31 | 7 | 61,33 | 1,68 | 0,2061 |
| Bloques | 383,5 | 4 | 95,88 | 2,62 | 0,0879 |
| Tratamientos | 45,81 | 3 | 15,27 | 0,42 | 0,7439 |
| Error | 439,14 | 12 | 36,60 | | |
| Total | 868,45 | 19 | | | |

Anexo 2. Altura de la planta a los 60 días (cm)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 202,50 | 195,00 | 212,10 | 200,30 | 165,00 | 194,98 |
| T2 | 194,60 | 221,50 | 203,00 | 179,50 | 172,00 | 194,12 |
| T3 | 172,60 | 192,40 | 190,50 | 201,00 | 173,00 | 185,90 |
| T4 | 202,50 | 224,30 | 187,50 | 187,00 | 181,00 | 196,46 |

Análisis de la varianza altura de la planta a los 60 días (cm)

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|---------------------|----|------|------|------|
| Altura (cm) 60 días | 20 | 0,61 | 0,38 | 6,61 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|--------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 3036,1 | 7 | 433,73 | 2,67 | 0,0651 |
| Bloques | 2696,5 | 4 | 674,13 | 4,1 | 0,0246 |
| Tratamientos | 339,5 | 3 | 113,2 | 0,7 | 0,5721 |
| Error | 1951,9 | 12 | 162,66 | | |
| Total | 4988 | 19 | | | |

Anexo 3. Altura de la planta a los 90 días (cm).

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-----|-----|-----|-----|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 208 | 203 | 217 | 213 | 183 | 204,8 |
| T2 | 204 | 225 | 213 | 196 | 187 | 205,0 |
| T3 | 185 | 202 | 205 | 211 | 187 | 198,0 |
| T4 | 215 | 228 | 199 | 205 | 196 | 208,6 |

Análisis de la varianza altura de la planta a los 90 días (cm).

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|---------------------|----|-----|------|------|
| Altura (cm) 90 días | 20 | 0,6 | 0,36 | 4,98 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|--------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 1832,1 | 7 | 261,7 | 2,53 | 0,0757 |
| Bloques | 1538,3 | 4 | 384,58 | 372 | 0,0343 |
| Tratamientos | 293,8 | 3 | 97,93 | 0,95 | 0,4489 |
| Error | 1241,7 | 12 | 103,48 | | |
| Total | 3073,8 | 19 | | | |

Anexo 4. Número de hojas a los 30 días

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|------|------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 9,90 | 10,00 | 10,20 | 9,40 | 8,00 | 9,50 |
| T2 | 10,00 | 10,10 | 8,70 | 8,20 | 8,20 | 9,04 |
| T3 | 9,30 | 9,10 | 9,20 | 9,60 | 8,10 | 9,06 |
| T4 | 10,60 | 10,40 | 8,80 | 8,40 | 8,90 | 9,42 |

Análisis de la varianza número de hojas a los 30 días

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|------------|----|------|------|------|
| N Hojas 30 | 20 | 0,67 | 0,47 | 6,48 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|-------|----|------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 8,61 | 7 | 1,23 | 3,42 | 0,0300 |
| Bloques | 7,75 | 4 | 1,94 | 5,38 | 0,0102 |
| Tratamientos | 0,86 | 3 | 0,29 | 0,79 | 0,5204 |
| Error | 4,32 | 12 | 0,36 | | |
| Total | 12,93 | 19 | | | |

Anexo 5. Número de hojas a los 60 días

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 13,20 | 12,80 | 12,80 | 12,30 | 11,90 | 12,60 |
| T2 | 14,00 | 14,50 | 12,20 | 12,00 | 11,60 | 12,86 |
| T3 | 13,30 | 12,60 | 12,20 | 12,90 | 12,10 | 12,62 |
| T4 | 14,40 | 14,00 | 12,20 | 11,80 | 11,50 | 12,78 |

Análisis de la varianza número de hojas a los 60 días

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|------------|----|------|------|------|
| N Hojas 60 | 20 | 0,72 | 0,56 | 4,81 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|-------|----|------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 11,56 | 7 | 1,65 | 4,42 | 0,0120 |
| Bloques | 11,32 | 4 | 2,83 | 7,52 | 0,0028 |
| Tratamientos | 0,24 | 3 | 0,08 | 0,21 | 0,8863 |
| Error | 4,49 | 12 | 0,37 | | |
| Total | 16,05 | 19 | | | |

Anexo 6. Número de hojas a los 90 días

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 15,40 | 15,00 | 15,30 | 15,30 | 14,50 | 15,10 |
| T2 | 15,30 | 15,40 | 14,50 | 14,50 | 15,30 | 15,00 |
| T3 | 14,80 | 14,30 | 15,30 | 15,20 | 14,50 | 14,82 |
| T4 | 15,30 | 15,50 | 14,90 | 14,50 | 14,40 | 14,92 |

Análisis de la varianza número de hojas a los 90 días

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|------------|----|------|------|------|
| N Hojas 90 | 20 | 0,26 | 0 | 3,01 |

| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---------------------------------------|------|----|------|------|---------|
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 0,84 | 7 | 0,12 | 0,59 | 0,7539 |
| Bloques | 0,62 | 4 | 0,16 | 0,77 | 0,5661 |
| Tratamientos | 0,21 | 3 | 0,07 | 0,35 | 0,7909 |
| Error | 2,43 | 12 | 0,2 | | |
| Total | 3,27 | 19 | | | |

Anexo 7. Diámetro del tallo a los 30 días (mm)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 22,71 | 21,81 | 23,79 | 23,17 | 18,87 | 22,07 |
| T2 | 21,31 | 24,59 | 20,59 | 19,37 | 19,82 | 21,14 |
| T3 | 20,54 | 20,95 | 23,25 | 23,20 | 20,44 | 21,68 |
| T4 | 22,11 | 25,77 | 20,85 | 21,76 | 20,26 | 22,15 |

Análisis de la varianza diámetro del tallo a los 30 días

| Variable | N | R | R Aj | CV | |
|---------------------------------------|-------|------|------|------|---------|
| Diámetro tallo (mm) 30 días | 20 | 0,45 | 0,13 | 7,76 | |
| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 27,70 | 7 | 3,96 | 1,39 | 0,2941 |
| Bloques | 24,48 | 4 | 6,12 | 2,15 | 0,1372 |
| Tratamientos | 3,22 | 3 | 1,07 | 0,38 | 0,7712 |
| Error | 34,18 | 12 | 2,85 | | |
| Total | 61,88 | 19 | | | |

Anexo 8. Diámetro del tallo a los 60 días (mm)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 29,43 | 29,48 | 29,25 | 30,01 | 27,90 | 29,21 |
| T2 | 29,45 | 30,02 | 27,67 | 28,46 | 28,07 | 28,73 |
| T3 | 27,70 | 29,61 | 29,15 | 30,82 | 29,67 | 29,39 |
| T4 | 29,40 | 30,82 | 28,75 | 28,42 | 28,46 | 29,17 |

Análisis de la varianza diámetro del tallo a los 60 días

| Variable | N | R | R Aj | CV | |
|---------------------------------------|-------|-----|------|------|---------|
| Diámetro tallo (mm) 60 días | 20 | 0,4 | 0,05 | 3,18 | |
| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 6,77 | 7 | 0,97 | 1,13 | 0,4062 |
| Bloques | 5,36 | 4 | 1,34 | 1,56 | 0,2464 |
| Tratamientos | 1,41 | 3 | 0,47 | 0,55 | 0,6573 |
| Error | 10,28 | 12 | 0,36 | | |
| Total | 17,05 | 19 | | | |

Anexo 9. Altura de inserción de mazorca (cm)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|--------|-------|--------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 84,60 | 86,50 | 95,00 | 85,30 | 89,00 | 88,08 |
| T2 | 97,60 | 95,30 | 92,50 | 96,70 | 99,00 | 96,22 |
| T3 | 81,70 | 97,70 | 95,00 | 89,80 | 88,60 | 90,56 |
| T4 | 94,50 | 96,20 | 102,10 | 93,20 | 100,00 | 97,20 |

Análisis de la varianza altura de inserción de mazorca

| Variable | N | R | R Aj | CV | |
|---------------------------------------|--------|-----|-------|------|---------|
| Inserción mazorca (cm) | 20 | 0,6 | 0,47 | 4,37 | |
| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 397,73 | 7 | 56,82 | 3,44 | 0,0295 |
| Bloques | 106,89 | 4 | 26,72 | 1,62 | 0,2337 |
| Tratamientos | 290,84 | 3 | 96,95 | 5,86 | 0,0105 |
| Error | 198,48 | 12 | 16,54 | | |
| Total | 596,21 | 19 | | | |

Anexo 10. Numero de mazorcas por hilera

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 44,00 | 47,00 | 50,00 | 45,00 | 43,00 | 45,80 |
| T2 | 48,00 | 51,00 | 48,00 | 49,00 | 50,00 | 49,20 |
| T3 | 48,00 | 47,00 | 48,00 | 51,00 | 44,00 | 47,60 |
| T4 | 52,00 | 50,00 | 51,00 | 49,00 | 48,00 | 50,00 |

Análisis de la varianza número de mazorcas por hilera

| Variable | N | R | R Aj | CV | |
|---------------------------------------|--------|------|-------|------|---------|
| Mazorcas por hilera | 20 | 0,59 | 0,35 | 4,30 | |
| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 73,05 | 7 | 10,44 | 2,43 | 0,0844 |
| Bloques | 21,30 | 4 | 5,33 | 1,24 | 0,3453 |
| Tratamientos | 51,75 | 3 | 17,25 | 4,02 | 0,0341 |
| Error | 51,50 | 12 | 4,29 | | |
| Total | 124,55 | 19 | | | |

Anexo 11. Peso de mazorcas (g)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 167,20 | 214,90 | 207,40 | 200,50 | 210,70 | 200,14 |
| T2 | 208,50 | 215,50 | 218,90 | 196,70 | 186,70 | 205,26 |
| T3 | 195,20 | 209,90 | 221,80 | 171,40 | 171,30 | 193,92 |
| T4 | 191,80 | 214,90 | 218,30 | 199,90 | 215,00 | 207,98 |

Análisis de la varianza peso de mazorcas

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|-------------------|----|------|------|------|
| Peso mazorcas (g) | 20 | 0,57 | 0,32 | 6,88 |

Análisis de la varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 3034,75 | 7 | 433,54 | 2,25 | 0,1037 |
| Bloques | 2459,7 | 4 | 614,92 | 3,19 | 0,0529 |
| Tratamientos | 575,06 | 3 | 191,69 | 1 | 0,4281 |
| Error | 2310,57 | 12 | 192,55 | | |
| Total | 5345,32 | 19 | | | |

Anexo 12. Peso de 100 granos (g)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 37,00 | 40,00 | 36,00 | 41,00 | 38,00 | 38,40 |
| T2 | 41,00 | 38,00 | 44,00 | 42,00 | 39,00 | 40,80 |
| T3 | 39,00 | 38,00 | 42,00 | 40,00 | 37,00 | 39,20 |
| T4 | 41,00 | 39,00 | 43,00 | 42,00 | 40,00 | 41,00 |

Análisis de la varianza peso de 100 granos

| Variable | N | R | R Aj | CV |
|---------------------|----|------|------|------|
| Peso 100 granos (g) | 20 | 0,59 | 0,35 | 4,38 |

Análisis de la varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 52,05 | 7 | 7,44 | 2,44 | 0,0832 |
| Bloques | 28,30 | 4 | 7,08 | 2,33 | 0,1156 |
| Tratamientos | 23,75 | 3 | 7,92 | 2,60 | 0,1002 |
| Error | 36,50 | 12 | 3,04 | | |
| Total | 88,55 | 19 | | | |

Anexo 13. Rendimiento (kg ha⁻¹)

| Tratamientos | Repetición | | | | | Promedio |
|--------------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| T1 | 6750,00 | 6583,33 | 6583,33 | 7625,00 | 6208,33 | 6750,00 |
| T2 | 7208,33 | 7500,00 | 6916,67 | 7208,33 | 6416,67 | 7050,00 |
| T3 | 6916,67 | 7000,00 | 6875,00 | 6583,33 | 6875,00 | 6850,00 |
| T4 | 6958,33 | 7375,00 | 7708,33 | 7375,00 | 7000,00 | 7283,33 |

Análisis de la varianza rendimiento

| Variable | N | R | R Aj | CV | |
|---------------------------------------|------------|------|-----------|------|---------|
| Rendimiento (kg ha ⁻¹) | 20 | 0,52 | 0,24 | 5,05 | |
| Análisis de la varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor |
| Modelo | 1608156,57 | 7 | 229736,65 | 1,85 | 0,1676 |
| Bloques | 774822,57 | 4 | 193705,64 | 1,56 | 0,2486 |
| Tratamientos | 833334,00 | 3 | 277778 | 2,23 | 0,1371 |
| Error | 1493927,60 | 12 | 124493,97 | | |
| Total | 3102084,17 | 19 | | | |

Anexo 14. Costo de inversión para 1 Ha de maíz

| Costos para 1 Ha | | | | |
|---|-----------|----------|----------------|-------------|
| Detalle | Unidad | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| <u>1. Preparación de suelo</u> | | | | |
| Arada | pase | 1 | 40 | 40 |
| Rastra | pase | 1 | 40 | 40 |
| <u>2. Semilla</u> | | | | |
| Pioneer 3041 | saco | 1 | 200 | 200 |
| Siembra | Jornal | 15 | 15 | 225 |
| <u>3. Control de plagas</u> | | | | |
| Lorsban | Litro/Ha | 1 | 16,25 | 16,25 |
| Lufenuron | Litro/Ha | 0,6 | 15,5 | 9,3 |
| <u>4. Control de malezas (post- emergente)</u> | | | | |
| Dublon Gold (ancha y angosta) | Gramos/ha | 50 | 11 | 11 |
| Nikosan (ancha y angosta) | Gramos/ha | 32 | 7,95 | 15,9 |
| Aplicación de herbicidas | Jornal | 4 | 15 | 60 |
| <u>5. Riego</u> | | | | |
| Bomba y sistema riego | | | | 375 |
| Costo del agua | m3 | 3000 | 0,05 | 150 |
| <u>5. Cosecha</u> | | | | |
| Manual | Jornal | 10 | 15 | 150 |
| Desgrane | qq | | | |
| Total | | | | 1292,45 |

* Sistema de riego depreciado en cuatro ciclos

Anexo 15. Costo de los tratamientos

| Tratamientos | T1 | T2 | | T3 | | T4 | |
|------------------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Nitrato Amonio | YaraMila Hydran | Nitrato de amonio | YaraMila Nitrabor | Nitrato de amonio | YaraMila Complex | Nitrato de amonio |
| Requerimiento N | 150 | 150 | | 150 | | 150 | |
| Aplicación kg | 428,57 | 78,95 | 385,71 | 100,00 | 385,71 | 125,00 | 385,71 |
| sacos 50 kg | 8,57 | 1,58 | 7,71 | 2,00 | 7,71 | 2,50 | 7,71 |
| Precio sacco | \$22,00 | \$40,00 | \$22,00 | \$32,00 | \$22,00 | \$45,00 | \$22,00 |
| Costo | \$188,57 | \$63,16 | \$169,71 | \$64,00 | \$169,71 | \$112,50 | \$169,71 |
| Costo total | \$188,57 | \$232,87 | | \$233,71 | | \$282,21 | |



Figura 1A. Instalación del sistema de riego



Figura 2A. Delimitación de las unidades experimentales



Figura 3A.Siembra directa de maíz por esqueje



Figura 4A. Plantas de maíz a una edad de 15 días



Figura 5A. Control fitosanitario.



Figura 6A. Periodo vegetativo del cultivo



Figura 7A. Fertilizantes empleados en el ensayo.



Figura 8A. Toma de datos número de hoja



Figura 9A. Toma de datos diámetro del tallo



Figura 10A1. Presencia de floración masculina y femenina



Figura 11A. Plantas de maíz a una edad de 125 días



Figura 12A. Cosecha del cultivo



Figura 13A. Mazorcas obtenidas en los diversos tratamientos



Figura 14A. Toma de datos por tratamiento



Figura 15A. Toma de datos peso de 100 granos



Figura 16A. Peso de mazorcas desgranadas

