



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE AGRÍCOLA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE FERTILIZANTES ARRANCADORES
FOSFATADOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ
AMARILLO DURO EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**

AUTORES:

**ALCIVAR MERA DANIEL EDUARDO
LÓPEZ ZAMBRANO JOSÉ ANTONIO**

TUTOR:

ING. ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN, Mg.

CALCETA, MAYO 2018

DERECHO DE AUTORÍA

DANIEL EDUARDO ALCIVAR MERA y LÓPEZ ZAMBRANO JOSÉ ANTONIO declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
DANIEL E. ALCIVAR MERA

.....
JOSÉ A. LÓPEZ ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR(A)

ING. ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTIVIDAD DE FERTILIZANTES ARRANCADORES FOSFATADOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ AMARILLO DURO EN EL VALLE DEL RIO CARRIZAL**, que ha sido desarrollada por **DANIEL EDUARDO ALCIVAR MERA** y **JOSÉ ANTONIO LÓPEZ ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. ÁNGEL F. CEDEÑO SACÓN

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis, **EFFECTIVIDAD DE FERTILIZANTES ARRANCADORES FOSFATADOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ AMARILLO DURO EN EL VALLE DEL RIO** que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Daniel Eduardo Alcivar Mera y José Antonio López Zambrano , previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Galo Cedeño García. M. Sc.
MIEMBRO

.....
Ing. Cristian Valdivieso López. M. Sc.
MIEMBRO

.....
Ing. Jairo Cedeño Dueñas M. Sc.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios principalmente porque es el pilar fundamental en mi vidas siendo mi guía y mi fortaleza, puso personas que guiaron camino, siempre un consejo de aliento y sacar fuerzas cuando sentía ya no poder, consejos que me sirvieron de mucho, gracias a ti mi señor por este logro y llegar a mi cumplir unos de mis objetivos.

Al Ing. Galo Cedeño quien fue quien me asesoro en la investigación y estuvo presto a ayudar con sus conocimientos en todo momento.

Al Ing. Byron Cevallos por enseñarme el valor del esfuerzo y el sacrificio, gracias por el apoyo gracias por sus consejos, gracias por ser como fue me sirvieron se mucho en el campo laboral.

A mis amigos Gustavo Altamirano y Fernando Pillasagua quienes fueron, las persona que me apoyo en todo momento de mi carrera siempre sus consejos me guiaron a alcázar mi meta gracias por la ayuda.

A todo el cuerpo docente de mi carrera de Ingeniería agrícola gracias por todo el conocimiento que nos dieron sus experiencias sus consejos de vida como profesional y como persona, gracias por la exigencia que nos enseñó a esforzarnos más cada día y ser mejores.

DANIEL EDUARDO ALCIVAR MERA

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinita bondad al llenarme de bendiciones día a día.

A mi hijo y esposa que siempre están presente para ser mi guía, mi apoyo y motivación, resalto mi gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López por abrirme las puertas y darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos en ella.

A Dios por las bendiciones derramadas en mi vida; a mi madre por ser mi fortaleza, por creer en mí y sacarme adelante. A mis abuelos por su ejemplo de superación y amor; todas las palabras no bastarían para agradecerles por su apoyo y consejos en los momentos críticos de mi vida.

Además, quiero resaltar mi infinito agradecimiento a la carrera de agrícola, a sus docentes que han estado impartiendo sus enseñanzas a lo largo de mi carrera estudiantil, y no puedo concluir sin antes agradecerle a nuestro tutor de tesis por la colaboración recibida para el desarrollo de este trabajo.

Y a todos mis seres queridos, gracias.

JOSÉ ANTONIO LÓPEZ ZAMBRANO

DEDICATORIA

A Dios principalmente por guiar mi camino a mis padres por ser el pilar fundamental y quien guía mis pasos

A mi esposa quien fue la persona quien me apoyo en los buenos y malos momentos fue la persona que siempre confió, que si podía superarme

A mi familia fueron quienes me enseñaron el sentido de la humildad y el trabajo duro, su apoyo en todo momento

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí, porque fue la casa donde adquirí y alimente a mis conocimientos día a día para formarme como un profesional y una mejor persona.

DANIEL EDUARDO ALCIVAR MERA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a nuestro creador Dios por ser mi principal guía y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres por impulsarme y darme la fuerza necesaria para alcanzar esta gran meta, quienes sin agotar esfuerzos sacrificaron gran parte de sus vidas en educarme y darme lo mejor.

A mi familia en general por su apoyo, compañía y optimismo para alcanzar este sueño.

LÓPEZ ZAMBRANO JOSÉ ANTONIO

CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR(A)	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	xxiv
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES DEL MAÍZ.....	4
2.2. FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN DEL MAÍZ	5
2.2.1. DEMANDA NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ.....	5
2.3. LAS 4R DE LA FERTILIZACIÓN EN MAÍZ	6
2.3.1.1. FUENTE CORRECTA: ¿QUE VOY A APLICAR?	7
2.3.1.2. DOSIS CORRECTA: ¿CUÁNTO VOY A APLICAR?.....	7
2.3.1.3. TIEMPO CORRECTO: ¿CUÁNDO LO VOY A APLICAR?.....	8
2.3.1.4. LUGAR CORRECTO: ¿DONDE LOS VOY A APLICAR O COLOCAR?.....	9
2.4. RESPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA.....	9
2.5. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL FÓSFORO EN LAS PLANTAS Y CEREALES	10
2.6. IMPORTANCIA DEL FÓSFORO SEGÚN SUS FUNCIONES PRINCIPALES	10
2.7. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN TEMPRANA CON P Y USO DE FERTILIZANTES ARRANCADORES EN MAÍZ	11
2.8. FERTILIZANTES FOSFATADOS EVALUADOS EN LA INVESTIGACIÓN .	12
2.8.1. FOSFATO DI AMÓNICO (DAP)	12

2.8.1.1. PRODUCCIÓN	12
2.8.1.2. USO AGRÍCOLA	13
2.8.1.3. PRÁCTICAS DE MANEJO.....	14
2.8.2. FOSFATO MONOAMÓNICO(MAP).	14
2.8.2.1. PRODUCCIÓN	14
2.8.2.2. USO AGRÍCOLA	15
2.8.2.3. PRÁCTICAS DE MANEJO.....	16
2.8.3. COMPUESTO 15 – 15 – 15	16
2.8.3.1. CARACTERÍSTICAS	17
2.8.4. COMPUESTO 10 – 30 – 10	17
2.8.4.1. PROPIEDADES:.....	18
2.8.4.2. CARACTERÍSTICAS	18
2.8.5. MICROESSENTIALS SZ	18
2.8.5.1. MEJOR DESARROLLO INICIAL DEL CULTIVO	18
2.8.5.2. DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE NUTRIENTES	19
2.8.5.3. AZUFRE EN DOS FORMAS.....	19
2.8.5.4. REDUCCIÓN DE TIEMPO Y COSTO DE SIEMBRA.....	19
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	20
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	20
3.2. TRATAMIENTOS	20
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS.....	20
3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL	21
3.5. VARIABLES RESPUESTA.....	22
3.5.1. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA (cm)	22
3.5.2. LONGITUD DE LA MAZORCA (cm)	22
3.5.3. DIÁMETRO DE LA MAZORCA (cm)	22
3.5.4. HILERAS DE GRANOS POR MAZORCA	22
3.5.5. PESO DE 100 GRANOS (g)	22
3.5.6 RENDIMIENTO (kg ha ⁻¹)	23
3.6. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO.....	23
3.6.1. MATERIAL DE SIEMBRA Y DESINFECCIÓN DE SEMILLAS	23
3.6.2. APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE ARRANCADOR.....	24
3.6.3. FERTILIZACIÓN.....	24
3.6.4. CONTROL DE MALEZAS.....	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA	26

4.2. LONGITUD DE LA MAZORCA	27
4.3. DIÁMETRO DE LA MAZORCA.....	28
4.4. N° DE HILERAS/MAZORCA.....	28
4.5. PESO DE 100 GRANOS AL 14% DE HUMEDAD	29
4.6. PESO DE GRANOS POR PARCELA (kg)	30
4.7. RENDIMIENTO (kg ha ⁻¹).....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
5.1. CONCLUSIONES	36
5.2. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.....	6
Cuadro 2. Propiedades químicas del fertilizante fosfatado di amónico	13
Cuadro 3. Propiedades químicas del fertilizante fosfatado Monoamónico(MAP).....	15
Cuadro 4. Propiedades físico- químicas del fertilizante fosfatado 15-15-15.....	16
Cuadro 5. Propiedades físico- químicas del fertilizante fosfatado 10-30-10.....	17
Cuadro 6. Incremento de los rendimientos en relación al testigo con omisión de P y al testigo convencional con aplicación de P en banda. Calceta, Ecuador, 2018.	33
Cuadro 7. Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes arrancadores en maíz amarillo duro. Calceta, Ecuador, 2018.	35
Figura 1. Esquema de la colocación de los fertilizantes arrancadores (Gordon, 2009).	24
Gráfico 1. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre la altura de inserción de mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	26
Gráfico 2. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre la longitud de la mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	27
Gráfico 3. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el diámetro de la mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	28
Gráfico 4. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el número de hileras de granos por mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	29
Gráfico 5. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso de 100 granos. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	30
Gráfico 6. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso por parcela neto. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	31
Gráfico 7. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado y debajo de la semilla como arrancadores (starters) sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey _{0.05}	32

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de varios fertilizantes fosfatados aplicados como arrancadores sobre la productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal. El experimento se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Se evaluaron siete tratamientos que fueron: Fosfato diamónico (DAP), Fosfato mono amónico (MAP), MicroEssential SZ (MESZ), 15-15-15 y 10-30-10, todos colados como arrancadores a lado y debajo de la semilla. Con fines de contrastar la efectividad de los fertilizantes arrancadores, se incluyó un testigo convencional a base del fertilizante MESZ colocado en banda superficial a la emergencia de las plántulas, y un testigo con omisión de P. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres replicas, con un total de 21 unidades experimentales. Las principales variables evaluadas fue el rendimiento ($qq\ ha^{-1}$) y el beneficio económico neto. Los resultados mostraron que el fertilizante MicroEssentials SZ (MESZ) colocado como arrancador a lado y debajo de la semilla obtuvo el mayor rendimiento con $256\ qq\ ha^{-1}$, en contraste a los demás fertilizantes fosfatados arrancadores y a los tratamientos testigo convencional con $220\ qq\ ha^{-1}$ y con omisión de P con $132\ qq\ ha^{-1}$. De manera similar, el tratamiento a base de MESZ colocado como arrancador fue el que obtuvo el mayor beneficio neto con $1620\ USD\ ha^{-1}$, puesto que obtuvo el mayor incremento de rendimiento y menor incremento de los costos que varían en relación a los demás tratamientos evaluados como arrancadores y tratamientos testigos.

Palabras clave: Fertilizantes arrancadores, productividad del maíz, beneficio económico.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effectiveness of several phosphate fertilizers applied as starters on the productivity and profitability of hard yellow corn in Carrizal river valley. The experiment was carried out at Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Seven treatments were evaluated: Diammonium Phosphate (DAP), Mono Ammonium Phosphate (MAP), MicroEssential SZ (MESZ), 15-15-15 and 10-30-10, all cast as starters on the side and under the seed. In order to contrast the effectiveness of the starter fertilizers, a conventional control based on the MESZ fertilizer placed in the surface band at the emergence of the seedlings was included, and a control with omission of P. A randomized complete block design was used. Seven treatments and three replicas, with a total of 21 experimental units. The main variables evaluated were the yield (qq ha⁻¹) and the net economic benefit. The results showed that the MicroEssentials SZ fertilizer (MESZ) placed as a starter on the side and below the seed obtained the highest yield with 256 qq ha⁻¹, in contrast to the other starter phosphate fertilizers and conventional control treatments with 220 qq ha⁻¹ and omitting P with 132 qq ha⁻¹. Similarly, the treatment based on MESZ placed as starter was the one that obtained the highest net benefit with 1620 USD ha⁻¹, since it obtained the highest increase in yield and lowest increase in costs that vary in relation to the other treatments evaluated as starters and control treatments.

Key words: Fertilizers starters, corn productivity, economic benefit.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El rendimiento promedio del maíz en Ecuador es de 3.8 Tm/ha, el cual es significativamente bajo en relación a otros países americanos como EEUU, Argentina y Brasil que presentan rendimientos promedios de 10.7, 6.6 y 5.2 Tm/ha, respectivamente. La diferencia en rendimiento de Ecuador es abismal si la comparamos con los rendimientos promedios de Israel, Kuwait y Jordania con 34.1, 30.8 y 16.2 Tm/ha, respectivamente (FAO, 2015).

En el caso de los rendimientos provinciales, Manabí reporta una productividad promedio de 2.20 Tm/ha, en comparación a las provincias del Guayas y Los Ríos cuyos rendimientos promedios son de 5.15 y 4.56 Tm/ha en cada caso (MAGAP, 2015). Los bajos rendimientos, reportados en Manabí se deben en parte, a que la mayor superficie del maíz se siembra bajo condiciones de secano y en zonas de laderas, por lo que la producción depende del régimen de lluvias. Las precipitaciones en Manabí, por lo general tienen un comportamiento errático e irregular causando periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa, lo cual afecta la producción al no contarse con la instalación permanente de sistemas de riego (INIAP, 2004; Jiménez *et al.*, 2012; Thielen *et al.*, 2016).

Las precipitaciones erráticas que se dan en Manabí en la temporadas de lluvias, es una de las causas que hace difícil el manejo de la fertilización en banda aplicada sobre la superficie del suelo, dado que los fertilizantes necesitan un suelo húmedo constante a capacidad de campo para que los elementos que contienen pasen a las formas asimilables por las plantas (Lara y Yamada, 1999; Murrell, 2003). El problema se agrava más aún con las fuentes fosfatadas puesto que el P es uno de los elementos que es poco móvil en el suelo y por lo tanto la aplicación en banda y en suelos con niveles de humedad inadecuados dificultan su asimilación (Snyder y Stalon, 2003).

Actualmente se ha demostrado que la colocación de fertilizantes fosfatados próximos a la semilla, promueven un vigoroso desarrollo inicial y un mejor aprovechamiento del fósforo por parte de las plántulas (Bundy, 2013). Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes fosfatados colocados junto a la semilla en forma de fertilizante arrancador se convierte en una opción sostenible para el manejo de fertilizantes fosfatados en sistemas de cultivo de maíz bajo secano, dependiente de las lluvias. Por lo anteriormente expuesto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿La aplicación de fertilizantes arrancadores fosfatados puede incrementar la productividad del cultivo de maíz?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Al analizar la cadena productiva del maíz amarillo duro, se observa que este se encuentra dentro de los principales productos agrícolas en el país, que a pesar de no representar más allá del 7% de la producción agrícola, tiene una gran importancia debido a que constituye la base de una de las principales cadenas productivas la cual contribuye significativamente a salvaguardar la seguridad alimentaria del Ecuador sirviendo de suministro de alimento a otros sectores de producción como consumo animal a través de balanceados.

A pesar de que la efectividad de tecnología del uso de fertilizantes arrancadores basados en fósforo ha sido ampliamente demostrada en el cultivo de maíz, en nuestro medio aún no ha sido validada y más aún difundida. Por lo anterior, se hace necesario evaluar esta tecnología en el entorno Manabita y específicamente en el valle del río Carrizal donde se desconoce totalmente la tecnología. Por lo tanto, la presente investigación plantea comprobar la efectividad de varios fertilizantes fosfatados como arrancadores sobre la productividad y rentabilidad del maíz, motivo por el cual la investigación se fundamenta y justifica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la efectividad de varios fertilizantes fosfatados aplicados como arrancadores sobre la productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de varias fuentes de fertilizantes fosfatados arrancadores sobre la productividad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal.
- Valorar económicamente la efectividad del uso de fertilizantes arrancadores en maíz amarillo duro.

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de fertilizantes arrancadores fosfatados promueve un desarrollo vigoroso e incrementan la productividad y rentabilidad del cultivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL MAÍZ

El maíz es considerado uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial junto con el trigo y el arroz. Su producción se estima en alrededor de 795.935.000 toneladas, de las cuales el 90% corresponden a maíz amarillo duro y el 10% restante a maíz blanco. Ocupa el segundo lugar en área de siembra, con alrededor de 140.000.000 de has, se siembra en 135 países y se comercializan en el mercado internacional más de 90 millones de toneladas. (FENALCE, 2010).

El maíz duro en el Ecuador es una de las pocas especies que se cultivan a nivel nacional (costa, sierra, oriente y galápagos), por lo que es considerado uno de los productos agrícolas más importantes (Quiroz y Merchán, 2016). Es utilizado para la alimentación humana y animal y como materia prima en la producción de almidón industrial y alimenticio, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceite y otros productos derivados de su proceso de fermentación, como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono (CO₂), diversos aminoácidos, antibióticos y plásticos, y como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables (Grande y Orozco, 2013).

Siendo la agricultura el mayor componente del PIB del Ecuador (17.5%); y la Cadena del Maíz representa el 3% del PIB agrícola, es el único cultivo con cobertura nacional (Quiroz y Merchán, 2016). Registra una siembra anual de 361.347 ha de maíz amarillo duro y 73.570 ha de maíz suave. Anualmente se produce un promedio de 717.940 TM de maíz amarillo duro y 43.284 TM de maíz suave. En el caso del primero, la producción se encuentra altamente polarizada en la costa y en el caso del segundo el producto es altamente polarizado en la sierra. La mayor superficie maicera del país se concentra en las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas con 156.565, 72.606 y 49.927 has, respectivamente (INEC, 2010; MAGAP, 2015).

2.2. FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN DEL MAÍZ

El uso de fertilizantes en maíz es una práctica muy importante para lograr altos rendimientos. Es necesario que las plantas tengan a su disposición, en tiempo y en forma, los nutrientes que necesitan para que expresen su máximo potencial de rendimiento (Bonatti *et al.*, 2014).

Los nutrientes minerales tienen funciones esenciales y específicas en el metabolismo de las plantas: pueden funcionar como constituyentes de orgánicas estructuras, como activadores de reacciones enzimáticas, o como carga portadores y osmorreguladores (Schwambach, *et al.*, 2005). La fertilización, como parte de la nutrición vegetal, tiene como fin lograr que el aporte de nutrientes a la planta satisfaga las expectativas del cultivo. Por su relevancia, a la nutrición se le considera como el factor de producción más importante después de la disponibilidad de agua (Quesada y Hernández, 2013).

2.2.1. DEMANDA NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ

El maíz es un cultivo que tiene altas demandas nutricionales. El nitrógeno y el fósforo son los nutrientes que limitan en mayor medida la productividad del cultivo (Bonatti *et al.*, 2014). El diagnóstico de la fertilización del cultivo implica conocer las necesidades nutricionales para alcanzar un rendimiento objetivo y la capacidad del suelo de proveer esos nutrientes en la cantidad y el momento adecuado. Los requerimientos nutricionales de maíz se indican en el cuadro 1. (García, 2011).

Menciona Villamar (2011) los híbridos del maíz requieren altos niveles de fertilización para producir bien; así, el maíz extrae del suelo 90 Kg. de N, 27 Kg. de P₂O₅, 26 Kg. K₂O, 11 Kg. de calcio, 13 Kg. de Mg; 10 Kg. de S, por cada 100 quintales de grano de maíz.

Cuadro 1. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.

Nutriente	Requerimiento en Kg/ton	Índice de cosecha	Extracción en grano Kg/ton
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
Boro	0.020	0.25	0.005
Cloro	0.444	0.06	0.027
Cobre	0.013	0.29	0.004
Hierro	0.125	0.36	0.045
Manganeso	0.189	0.17	0.032
Molibdeno	0.001	0.63	0.001
Zinc	0.053	0.50	0.027

Fuente: IPNI. 2007. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Pág. 13.

2.3. LAS 4R DE LA FERTILIZACIÓN EN MAÍZ

El manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos puede achicar la brecha existente entre rendimientos promedio y potenciales y, por ende, mejorar los rendimientos medios de los cultivos (García, 2002). El estado nutricional de los cultivos es condición necesaria para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos e insumos involucrados en el sistema productivo (Correndo y García, 2014).

La técnica de las 4R permite desarrollar sistemas eficientes para administrar mejor el consumo de agua, maximizar la eficiencia de uso de nutrientes, incrementar el aporte de carbono al sistema, aumentar el volumen de rastrojo y el contenido de materia orgánica en el suelo, incrementando la productividad con el menor impacto ambiental. La nutrición eficiente ayuda, además, a los productores a mejorar la rentabilidad debido a que se logra una mejor previsibilidad de la respuesta a la fertilización (Gonzales, 2017).

2.3.1.1. FUENTE CORRECTA: ¿QUE VOY A APLICAR?

Se sabe que son 14 elementos minerales los que conforman la nutrición completa de los vegetales, por lo tanto se sabe buscar un balance entre los que se añade y los ya presentes en el suelo con el fin de evitar excesos, deficiencias y antagonismos. Además, los nutrientes aplicados están asimilables para las plantas solo en ciertas formas químicas, en caso contrario no son absorbidos por los vegetales. Los principios que rigen al uso de una fuente correcta son:

- Conocer las propiedades físicas y químicas del suelo para tener datos sobre la disponibilidad de nutrientes interacción entre ellos (sinergismo y antagonismo), así como posibles limitantes del suelo para usar alguna fuente de fertilizantes.
- Reconocer sensibilidades del cultivo que puede evitar que, aunque sea la dosis adecuada, se presenten inconvenientes por la susceptibilidad del cultivo al nutriente o la fuente
- Uso de fuentes disponibles y una nutrición integral que agrupe alternativas, en este caso fuentes diversas que complementan todas las necesidades del cultivo (INTAGRI, 2017).

2.3.1.2. DOSIS CORRECTA: ¿CUÁNTO VOY A APLICAR?

Una vez definidas las fuentes de fertilizantes disponibles para el cultivo, posteriormente se requiere hacer un balance con los nutrientes aportados por los abonos orgánicos (compostas, y residuos de cultivo). Esto permitirá disminuir la dosis de uno a más nutrientes a suministrar en el programa de fertilización. Los principios para el mejoramiento de la dosis correcta son:

- Eficiencia de aplicación: aún en todas las condiciones hay posibilidad de una pequeña o gran pérdida de fertilizantes, por lo que se puede añadir un extra que aún con el porcentaje de pérdida, dejará la cantidad correcta de nutrientes disponibles.

- Usar el método de medición adecuados: existen herramientas como el análisis de planta, savia extracto de peciolo y extracto de saturación de pasta que permita monitorear el estado nutrimental de la planta y la concentración de nutrientes en el suelo.
- El análisis de suelo antes de establecer el cultivo es fundamental conocer la fertilidad del suelo y con base a los datos tomar decisiones en el programa de nutrición.
- Evaluación de la demanda nutricional: el rendimiento está relacionado con la cantidad de fertilizantes añadidos al cultivo, pero no siempre es así puesto que las cantidades por encima de las demandas pueden causar toxicidades y reducción del rendimiento, por lo que los nutrientes aplicados deben cubrir la demanda nutrimental del cultivo (INTAGRI, 2017).

2.3.1.3. TIEMPO CORRECTO: ¿CUÁNDO LO VOY A APLICAR?

Para maximizar la toma de nutrientes por parte de las plantas en la forma y dosis adecuada, la decisión del tiempo de aplicación determina el momento en que la planta acepta y utiliza los nutrientes para su desarrollo. Además de esto se considera el efecto que tiene el medio ambiente sobre los nutrimentos para elegir la fecha adecuada. Los principios para la definición del tiempo correcto son:

- Etapa fenológica de toma de nutrientes: es importante conocer cuando absorben las plantas los nutrientes, es decir, cual es la demanda por etapa de crecimiento, ya que cada nutriente es requerido en mayor o menor cantidad durante ciertas etapas del cultivo.
- Dinámica de nutriente del suelo: el aporte de nutrientes por el suelo varía según la fertilidad del mismo, así como el contenido de materia orgánica. Por otra parte, se sabe que los nutrimentos de fertilización inorgánicos tienen una alta disponibilidad, sin embargo es importante identificar posibles mecanismos de pérdidas de nutrientes.

- Logística de la aplicación de nutrientes: el momento de la aplicación de nutrientes está en función del tamaño de la parcela, la disponibilidad de mano de obra o maquinaria agrícola, las condiciones climáticas, así como la dinámica de los nutrientes (INTAGRI, 2017).

2.3.1.4. LUGAR CORRECTO: ¿DONDE LOS VOY A APLICAR O COLOCAR?

La colocación de los nutrientes resulta en una mejor distribución espacial que se refleja como mayor cobertura y homogeneidad al proveer fertilizantes. Las aplicaciones pueden ser dirigidas una vez que se tengan identificadas las zonas de mayor y menor disponibilidad.

- Crecimiento radicular: al conocer el cultivo, se debe tomar en cuenta el tamaño y la dirección de crecimiento de las raíces, pues es de la manera en que la planta puede tomar los nutrientes que añadimos, ya sea una planta con raíces muy profundas y superficiales.
- Variabilidad del suelo: cada tipo de suelo tiene características específicas a tomar en cuenta a la hora de una fertilización, pues hay diferentes capacidades de retención de nutrientes y susceptibilidad a la pérdida de nutrientes según el tipo de suelo (INTAGRI, 2017).

2.4. RESPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

Numerosos estudios muestran un incremento de rendimientos por el agregado de fósforo (P). Este nutriente es un elemento esencial, al cual se le atribuyen efectos positivos sobre los crecimientos radiculares y aéreos, mayor tolerancia a estrés y menos incidencia y severidad de enfermedades (INTA, 2015). En los primeros estados de crecimiento vegetativo es de gran importancia que las plantas encuentren en el suelo cantidades suficientes de fósforo en forma fácilmente asimilable para el potencial de rendimiento. Además, las pequeñas

raíces todavía no pueden llegar a las reservas del fósforo del suelo (León, 2016).

Steward (2001) citado por Naranjo (2016) expresa que la fertilización balanceada incrementa la eficiencia del uso de los nutrientes y por esta razón existe menor probabilidad de que los nutrientes se pierdan por lixiviación o escorrentía superficial. Asimismo, la fertilización balanceada también afecta positivamente la eficiencia del uso del agua. Un cultivo bien nutrido produce un sistema radicular extenso y saludable que es capaz de extraer agua y nutrientes más eficientemente que un cultivo deficiente en nutrientes.

2.5. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL FÓSFORO EN LAS PLANTAS Y CEREALES

Un buen suministro de fósforo incrementa el índice de área foliar (IAF), y como consecuencia la cantidad de radiación interceptada que se transforma en biomasa e incrementa el rendimiento de grano en cereales (López et al., 2014). El P por su parte es un elemento esencial, al cual se le atribuyen efectos como el incremento del crecimiento aéreo y radical, aumento de la relación tallo/raíz, mayor tolerancia a situaciones de estrés y menor incidencia y severidad de enfermedades (Ferraris y Couretot, 2013).

2.6. IMPORTANCIA DEL FÓSFORO SEGÚN SUS FUNCIONES PRINCIPALES

El Fósforo (P), juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. (FAO, 2002). Este es distribuido a cada una de las células, concentrándose más en las partes reproductivas (Pineda-Mares et al., 2001 Citado por Gordon, 2016). Ha sido ampliamente mencionada su participación procesos fisiológicos importantes como la síntesis de ATP y transporte de energía por la planta, la formación de ácidos nucleicos (ADN, ARN) y el metabolismo de los hidratos de carbono (Ferraris y Couretot, 2013).

Este elemento también es indispensable para la formación de varias enzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos. Y forma parte de compuesto fosfatados ricos en energía, tales como el adenosín difosfato (ADP) y el adenosín trifosfato (ATP). En los que respecta a la genética también juega un papel fundamental la importancia del fósforo. Este elemento se encuentra dentro de las sustancias que conforman los genes y cromosomas. Por ello se trata de un elemento importante para la transferencia de la información genética de un generación a otra, siendo necesario por lo mismo para el desarrollo de nuevas células (Axayacatl, 2018).

2.7. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN TEMPRANA CON P Y USO DE FERTILIZANTES ARRANCADORES EN MAÍZ

Por su parte el fósforo desempeña un importante rol en el desarrollo inicial de los cultivos. Estudios importantes en este tema, han demostrado que una limitación temprana de fósforo puede resultar en restricciones de crecimiento, de las cuales la planta nunca se recupera, aún si después se suplementa el nutriente en niveles adecuados, lo cual demuestra la importancia de la nutrición temprana con fósforo (Grant *et al.*, 2001).

El fósforo es absorbido, mayormente, en las primeras etapas del ciclo del maíz. Es por ello que se recomienda su aplicación total al momento de la siembra. Debe colocarse de manera que pueda ser interceptado con facilidad por las raíces, preferiblemente en forma de bandas enterradas, a un lado y por debajo de la semilla. Por ser el maíz un cultivo de ciclo corto (García y Espinoza, 2009). El cultivo de maíz presente elevados requerimientos de nutrientes y probabilidad de respuestas a la fertilización. Los cultivos con deficiencia de P presentan un crecimiento inicial reducido y lento, afectándose en mayor medida el crecimiento que la fotosíntesis (INTA, 2015).

Recientes investigaciones indican la importancia que tiene el uso de fertilizantes arrancadores colocados próximos a las semillas durante la siembra, los cuales promueven un desarrollo vigoroso de las plántulas, al suministrar nutrientes esenciales en lugares accesibles para las raíces. Para que un fertilizante sea considerado como arrancador, debe ser colocado de manera tal que proporcione nutrientes suficientes para mejorar el vigor de las plántulas y su desarrollo, por lo general debajo y a un costado de la línea de semillas. La finalidad es lograr el fácil acceso a nutrientes hasta que las plantas establezcan sistemas radicales más sólidos (Beegle y Roth, 2007; Bundy, 2013).

2.8. FERTILIZANTES FOSFATADOS EVALUADOS EN LA INVESTIGACIÓN

2.8.1. FOSFATO DI AMÓNICO (DAP)

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas.

2.8.1.1. PRODUCCIÓN

Los fertilizantes de fosfato de amonio estuvieron disponibles por primera vez en la década de 1960 y el DAP se convirtió rápidamente en el más popular dentro de esta clase de productos. Está formulado a base de una reacción controlada de ácido fosfórico con amoníaco, donde la mezcla caliente se enfría, se granula, y luego se tamiza. El DAP tiene excelentes propiedades de manejo y almacenamiento.

El grado estándar del DAP es 18-46-0 y productos fertilizantes con menor contenido de nutrientes no pueden ser etiquetados como DAP.

Cuadro 2. Propiedades químicas del fertilizante fosfatado di amónico

PROPIEDADES QUÍMICAS	
Fórmula química	(NH ₄) ₂ HPO ₄
Contenido de N	18%
Contenido de P₂O₅	46%
Solubilidad en agua(20^{0c})	588 g/L
pH solución	7.8 a 8

2.8.1.2. USO AGRÍCOLA

El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una característica notable del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución. Como la disolución de gránulos del DAP libera amonio, el amoníaco volátil puede ser dañino para las plántulas y raíces de plantas cercanas.

Este daño potencial es más común cuando el pH del suelo es superior a 7, una condición que comúnmente existe alrededor del gránulo del DAP en disolución. Para evitar la posibilidad de dañar las plántulas, se debe tener cuidado evitando colocar grandes cantidades del DAP concentrado cerca de la zona de germinación. El amonio presente en el DAP es una excelente fuente de N que es convertido gradualmente en nitrato por las bacterias del suelo, resultando en una disminución ulterior del pH. Por lo tanto, el aumento en el pH del suelo alrededor de los gránulos del DAP es un efecto temporal. Este aumento inicial del pH alrededor del DAP puede influir en las reacciones del micro-sitio entre fosfatos y la materia orgánica del suelo.

2.8.1.3. PRÁCTICAS DE MANEJO

Existen diferencias en la reacción química inicial en el suelo entre los diversos fertilizantes fosfatados comerciales, pero estas diferencias disminuyen con el tiempo (en un lapso de semanas o meses) y son mínimas en cuanto a nutrición de las plantas se refiere. La mayoría de las comparaciones de campo entre DAP y fosfato monoamónico (MAP) muestran diferencias menores o no presentan diferencias en el crecimiento de las plantas y los rendimientos debidas a la fuente de P si el manejo es el adecuado (IPNI, 2013).

2.8.2. FOSFATO MONOAMÓNICO(MAP).

El fosfato monoamónico (MAP) es una fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) ampliamente utilizada. En los últimos años su utilización ha crecido rápidamente. Está hecha con dos componentes comunes de la industria de fertilizantes y posee el más alto contenido de P entre los fertilizantes sólidos comunes.

2.8.2.1. PRODUCCIÓN

El proceso de fabricación de MAP es relativamente simple. En un método común, se hace reaccionar una relación de uno a uno de amoníaco (NH_3) y ácido fosfórico (H_3PO_4) y la pasta semilíquida resultante de MAP se solidifica en un granulador. El segundo método consiste en introducir los dos materiales iniciales en un reactor de tubos, donde la reacción genera calor para evaporar agua y solidificar el MAP. Variaciones de estos métodos también se utilizan para la producción de MAP. Una de las ventajas de la producción de MAP es que puede utilizarse el H_3PO_4 de menor calidad comparado con otros fertilizantes fosforados en los que se suele requerir un grado de pureza mayor del ácido. El contenido en equivalente de P_2O_5 del MAP varía desde 48 a 61%, dependiendo de la cantidad de impurezas en el ácido. La composición más común del fertilizante es 11-52-0.

Cuadro 3. Propiedades químicas del fertilizante fosfatado Monoamonico(MAP)

Propiedades Químicas	
Fórmula química	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Contenido de N	10 a 12%
Contenido de P_2O_5	48 a 61%
Solubilidad en agua(20^oc)	370 g/L
pH solución	4 a 4.5

2.8.2.2. USO AGRÍCOLA

El MAP ha sido un importante fertilizante granulado por muchos años. Es soluble en agua y se disuelve rápidamente en el suelo si se presenta la humedad adecuada. Tras la disolución, los dos componentes básicos del fertilizante se separan nuevamente liberando amonio (NH_4^+) y ortofosfato (H_2PO_4^-). Ambos nutrientes son importantes para mantener un crecimiento vegetal saludable. El pH de la solución alrededor del gránulo es moderadamente ácido, haciendo al MAP un fertilizante especialmente deseable en suelos con pH neutros y alcalinos.

Estudios agronómicos muestran que no hay diferencias significativas en la nutrición fosforada entre varios fertilizantes fosfatados comerciales bajo la mayoría de las condiciones. El MAP granulado es aplicado en bandas debajo de la superficie del suelo en la proximidad de las raíces en crecimiento o en bandas superficiales. Es también comúnmente aplicado al voleo y mezclado en la superficie del suelo con labranza. En polvo, es un importante componente de fertilizantes en suspensión. Cuando el MAP se fabrica con H_3PO_4 especialmente puro, se disuelve rápidamente en una solución clara que puede utilizarse como fertilizante foliar o agregado al agua de riego. El contenido en equivalente de P_2O_5 del MAP de alta pureza es usualmente 61%.

2.8.2.3. PRÁCTICAS DE MANEJO

No existen precauciones específicas asociadas al uso del MAP. La ligera acidificación asociada a este fertilizante reduce el potencial de pérdida de NH_3 hacia la atmósfera. El MAP puede ser colocado en las proximidades de la semilla sin preocuparse por el daño de NH_3 . La aplicación en bandas del MAP protege al P de la fijación en el suelo y facilita un sinergismo entre el amonio y el fosfato en su toma por las raíces.

Cuando el MAP es utilizado como fertilizante foliar o agregado al agua de riego, no debe ser mezclado con fertilizantes cálcicos o magnésicos. El MAP posee buenas propiedades de almacenaje y manipulación. Algunas impurezas químicas (como hierro y aluminio) actúan como acondicionadores naturales para prevenir el apelmazamiento. El MAP de alta pureza podría requerir el agregado de acondicionadores o de manipulación especial para prevenir la aglutinación y el apelmazamiento. Como con todos los fertilizantes fosfatados, las prácticas de manejo correctas deben ser utilizadas para minimizar cualquier pérdida de nutrientes hacia aguas superficiales o de drenaje.

Las fuentes de MAP de alta pureza son utilizadas como ingrediente en la dieta animal. El NH_4^+ es incorporado en la síntesis de proteínas y el H_2PO_4^- es utilizado en una gran variedad de funciones metabólicas en animales (IPNI, 2013).

2.8.3. COMPUESTO 15 – 15 – 15

Cuadro 4. Propiedades físico- químicas del fertilizante fosfatado 15-15-15.

Propiedades Físico-Químicas	
Parámetros	Contenido
Nitrógeno Total (N)	15%
Fosforo total (P_2O_5)	15%
Fósforo soluble en agua(P_2O_5)	15%
Potasio total (K_2O_5)	15%
Potasio Soluble en agua	15%
pH solución (solución al 10%)	6.5-7
Humedad	1.5 % max.

2.8.3.1. CARACTERÍSTICAS

Es un fertilizante compuesto estándar apropiado para la aplicación mecanizada o manual. Se obtiene mayor eficiencia aplicando en forma conjunta P y N que por fuentes separadas, debido que al absorber las plantas el nitrógeno en forma de amonio se acidifica el entorno radicular, facilitando de esta manera la disolución y liberación del fosfato del fertilizante. Su contenido de potasio soluble ayuda a mejorar las características de calidad de las cosechas.

Según Gutiérrez (2013) el granulado NPK 15-15-15 es la relación equilibrada de nitrógeno, fosfato, potasio y fácil de usar. Aplicaciones: Usado como fertilizante compuesto NPK en la agricultura, granulado NPK 15-15-15 puede efectivamente mejorar la finura de los productos agrícolas, sabor y calidad, y mejorar la resistencia de los cultivos a la sequía, frío, enfermedades y la capacidad de resistencia a las plagas. Especificaciones: Apariencia: Gris granulado Total N: 15%±1% P₂O₅: 15%±1% Soluble P₂O₅: 10.5% K₂O: 15% ±1% (KCl base) N+P₂O₅+K₂O: 45.0% min Humedad: 2.0% máximo Solidez: 6-8N Granulado: 2-4mm >90%.

2.8.4. COMPUESTO 10 – 30 – 10

Cuadro 5. Propiedades físico- químicas del fertilizante fosfatado 10-30-10.

Propiedades Físico-Químicas	
Parámetros	Contenido
Nitrógeno Total (N)	10%
Fosforo total (P ₂ O ₅)	30%
Fósforo soluble en agua(P ₂ O ₅)	30%
Potasio total (K ₂ O ₅)	10%
Potasio Soluble en agua (K ₂ O)	10%
pH solución (solución al 10%)	6.5-7
Humedad	1.5 % max.

2.8.4.1. PROPIEDADES:

El mismo autor menciona nitrógeno total 10 % (N amoniacal 8.25 y N Nítrico 1.8%), Fósforo asimilable expresado como óxido de Fósforo 30 %, Potasio soluble en agua expresado como óxido Potasio 10 %

2.8.4.2. CARACTERÍSTICAS

Es un fertilizante compuesto apropiado para la aplicación mecanizada o manual. Por su alta concentración de 30% de P₂O₅, es adecuado para las etapas iniciales en la mayoría de los cultivos. Se obtiene mayor eficiencia aplicándolo en forma conjunta P y N que por fuentes separadas, debido que al absorber las plantas el nitrógeno en forma de amonio se acidifica el entorno radicular, facilitando de esta manera de disolución y liberación de fosfato del fertilizantes. Su contenido de potasio soluble ayuda a mejorar las características de calidad de las cosechas (FERMAGRI, 2017).

2.8.5. MICROESSENTIALS SZ

Micro Essential SZ es un fertilizante fosforado revolucionario, que además aporta Nitrógeno, Azufre y Zinc. La concentración que tiene es de 12% de Nitrógeno Amoniacal, 40% de Fósforo, 10% de Azufre y 1% de Zinc (ISAOSA, 2012).

2.8.5.1. MEJOR DESARROLLO INICIAL DEL CULTIVO

Con MicroEssentials ® se observa una mayor tasa de crecimiento en los cultivos, lo que los posiciona mejor frente a adversidades y para la definición del rendimiento en el período crítico.

2.8.5.2. DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE NUTRIENTES

MicroEssentials ® a través del proceso de Fusión™ asegura una concentración de N, P, S y Zinc constante en cada grano. Esto garantiza una distribución homogénea en el campo, por lo que cada planta obtiene una nutrición balanceada para alcanzar su máximo potencial de rendimiento.

2.8.5.3. AZUFRE EN DOS FORMAS

MicroEssentials ® posee Azufre en dos formas, como Sulfato (S-SO₄) inmediatamente disponible para las plantas y como Azufre elemental de liberación lenta que cubre las necesidades del cultivo en estados más avanzados de su crecimiento e incluso con efecto residual para el cultivo siguiente en la rotación como Soja de 2da.

2.8.5.4. REDUCCIÓN DE TIEMPO Y COSTO DE SIEMBRA

MicroEssentials ® posee un excelente corrimiento por su baja higroscopicidad, alta dureza, uniformidad del grano y por no tener polvo. Esto permite una dosificación exacta maximizando la eficiencia de aplicación al reducir el tiempo de las labores y su consecuente ahorro en costos.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El experimento se desarrolló en el área convencional del campus Experimental de la ESPAM-MFL, ubicada en el Sitio Limón, Parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí. Situado geográficamente entre las coordenadas 00°49'23" de Latitud Sur y 80°11'01" de Longitud Oeste, a una altitud de 15 m.s.n.m.

3.2. TRATAMIENTOS

T1: 100% de la dosis de P con Fosfato di amónico (DAP)

T2: 100% de la dosis de P con Fosfato mono amónico (MAP)

T3: 100% de la dosis de P con MicroEssentials SZ

T4: 100% de la dosis de P con Compuesto 15 – 15 – 15

T5: 100 de la dosis de P con Compuesto 10 – 30 – 10

T6: Testigo convencional (sin fertilizante de arranque) 100 % de la dosis de P aplicada de forma convencional

T7: Testigo con omisión de P

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 7 tratamientos y tres réplicas y 21 unidades experimentales. El análisis de datos se realizó a través del ANOVA y la separación de medias con la prueba de Tukey 0.05. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico Infostat versión 2008.

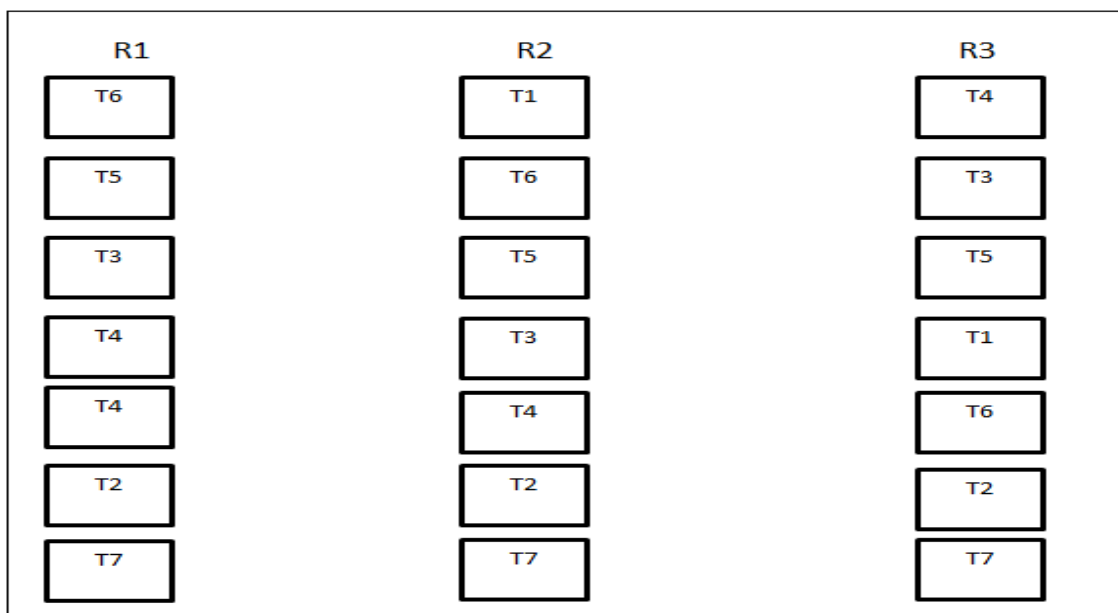


Figura. 3.1. Esquema de los tratamientos

3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental tuvo un tamaño de 16 m^2 con 6 surcos de 4 m de longitud espaciados a 0,70 m entre sí. Los datos se registraron en los 4 surcos centrales dejando los dos surcos externos como efecto borde. Así mismo, dentro de cada surco se eliminaron las dos plantas bordes de cada extremo del surco. La densidad poblacional fue de 70.000 plantas ha^{-1} , para lo cual las plantas fueron espaciadas a 0,20 m dentro de cada surco.

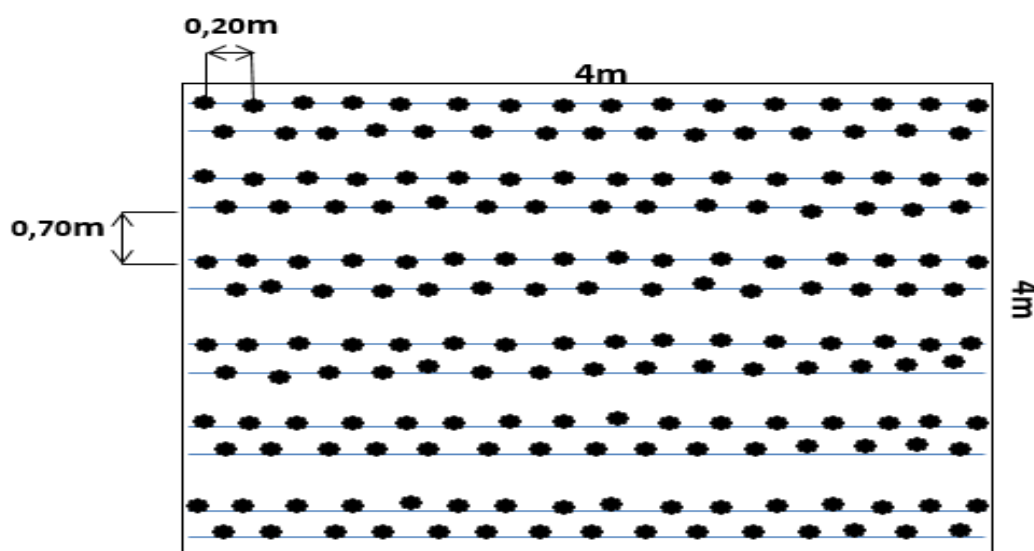


Figura.3.2. Esquema de la parcela de cada variante

3.5. VARIABLES RESPUESTA

3.5.1. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA (cm)

Para obtener los datos de esta variable se midió desde el nivel del suelo hasta la inserción de la mazorca principal, a los 100 días después de la siembra y su valor se promedió en centímetros.

3.5.2. LONGITUD DE LA MAZORCA (cm)

Se evaluaron diez mazorcas sin brácteas tomadas al azar del área útil de cada parcela y se midió desde la base hasta el ápice de las mismas, luego se promedió su valor en centímetros.

3.5.3. DIÁMETRO DE LA MAZORCA (cm)

Se midió la parte central de la mazorca sin brácteas, con un calibrador, posteriormente se expresó el diámetro en centímetros.

3.5.4. HILERAS DE GRANOS POR MAZORCA

Se contó el número de hileras de granos que contenían las diez mazorcas tomadas al azar y posteriormente se promedió el valor obtenido.

3.5.5. PESO DE 100 GRANOS (g)

Se tomaron 100 granos al azar en cada uno de los tratamientos del área útil, y se registró su peso en gramos ajustado al 14% de humedad; luego se obtuvo el valor promedio.

3.5.6 RENDIMIENTO (kg ha^{-1})

El rendimiento se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 14% de humedad y transformados a kg ha^{-1} . Para uniformizar el peso se empleó la siguiente formula:

$$\text{PU}(14\%) = \frac{\text{Pa}(100-\text{Ha})}{100-\text{Hd}} \quad (3.1)$$

Donde:

PU = Peso uniformizado

Pa = Peso actual

Ha = Humedad actual

Hd = Humedad deseada

Para expresar el rendimiento en t ha^{-1} se utilizó la formula siguiente:

$$\text{Rend} (\text{kg ha}^{-1}) = \frac{\text{PU} (10000 \text{ m}^2)}{\text{Área parcela útil} (\text{m}^2)} \quad (3.2)$$

Donde:

PU = Peso uniformizado

3.6. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO

3.6.1. MATERIAL DE SIEMBRA Y DESINFECCIÓN DE SEMILLAS

Para el ensayo se utilizó un híbrido simple experimental que presenta un potencial de rendimiento para el trópico de Ecuador mayor a 200 qq ha^{-1} . Las semillas fueron protegidas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de 3 cc kg^{-1} de semillas + Thiodicar en dosis de 15 cc kg^{-1} de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

3.6.2. APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE ARRANCADOR

El fertilizante de arranque se aplicó según recomendaciones de Gordon (2009), lo cual se realizó colocando el fertilizante dos pulgadas a un lado y dos pulgadas por debajo de la semilla (2 x 2). Estas distancias aseguran un adecuado acceso a los nutrientes y limitan el potencial de quemadura del fertilizante. En las **figura 1** se muestra el esquema de colocación de los fertilizantes arrancadores.

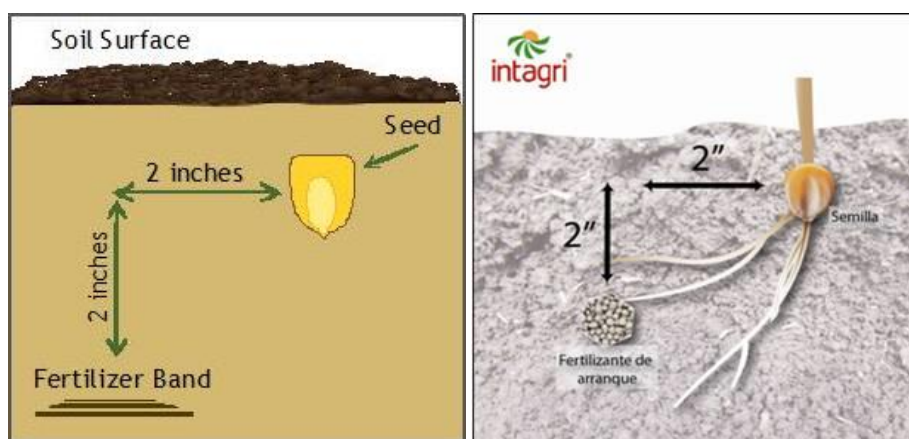


Figura 1. Esquema de la colocación de los fertilizantes arrancadores (Gordon, 2009).

3.6.3. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó en base a los resultados del análisis de suelo y demanda del cultivo. Los resultados del análisis de suelo reporto concentraciones bajas de N y S, medias de fósforo y altos contenidos de Mg y K. En base a lo anterior la fórmula de fertilización fue de 220 de N, 80 de P_2O_5 , 120 de K_2O , 30 de MgO y 50 de S en $kg\ ha^{-1}$, respectivamente. Como fuente de N se utilizó Urea (46% N), las fuentes de fósforo fueron los fertilizantes MicroEssential SZ (12% N, 40% P_2O_5 , 10% S y 1% de Zn), 15-15-15, 10-30-10, DAP (18% N y 46% P_2O_5) y MAP (12% N y 52% P_2O_5), como fuentes de K, Mg y S se utilizaron los fertilizantes Muriato de Potasio (60% K_2O), Sulfato de magnesio (25% MgO y 20% de S) y Sulfato de amonio (21% N y 24% S).

La fertilización nitrogenada a base de urea y la sulfúrica a base de sulfato de Mg y NH_4^+ se realizó en tres fracciones, la primera en la etapa fenológica V1, la segunda en V6 y la tercera en V10, esto según lo recomendado por García y Espinoza (2009). Los fertilizantes fosfatados (MicroEssential SZ, 10-30-10, 15-15-15, DAP y MAP) se aplicaron en su totalidad al momento de la siembra a lado y debajo de la semilla como arrancador (starters) y en el caso del tratamiento convencional se colocó superficialmente en banda. El muriato de potasio se aplicó en dos fracciones, la primera en etapa V1 y la segunda en V6.

3.6.4. CONTROL DE MALEZAS

Pre-emergencia: se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimentalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha^{-1} , respectivamente. Debido a la presencia de malezas al momento de la siembra, se agregó a la mezcla anteriormente descrita 1.5 litros de glifosato.

Post-emergencia: para arvenses de hoja ancha y coquito, luego del tratamiento en pre-emergencia, se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de 1.5 litros ha^{-1} de cada uno, a partir de la segunda o tercera hoja del cultivo hasta que el maíz tengan como máximo cinco hojas. Debido a la presencia de malezas gramíneas, también se aplicó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 25 g ha^{-1} , adicionando 200 a 300 mL de un surfactante no iónico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA

El análisis de varianza aplicado a la altura de inserción de mazorca mostro diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0010$), lo cual indica que los tratamientos evaluados influenciaron esta variable. En el **gráfico 4.1.**, se observa que de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey_{0.05} todos los tratamientos superaron al testigo absoluto (parcela con omisión de P), mientras que el tratamiento aplicación de P en banda fue estadísticamente igual a los tratamientos donde se aplicó fosforo a lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador (starters).

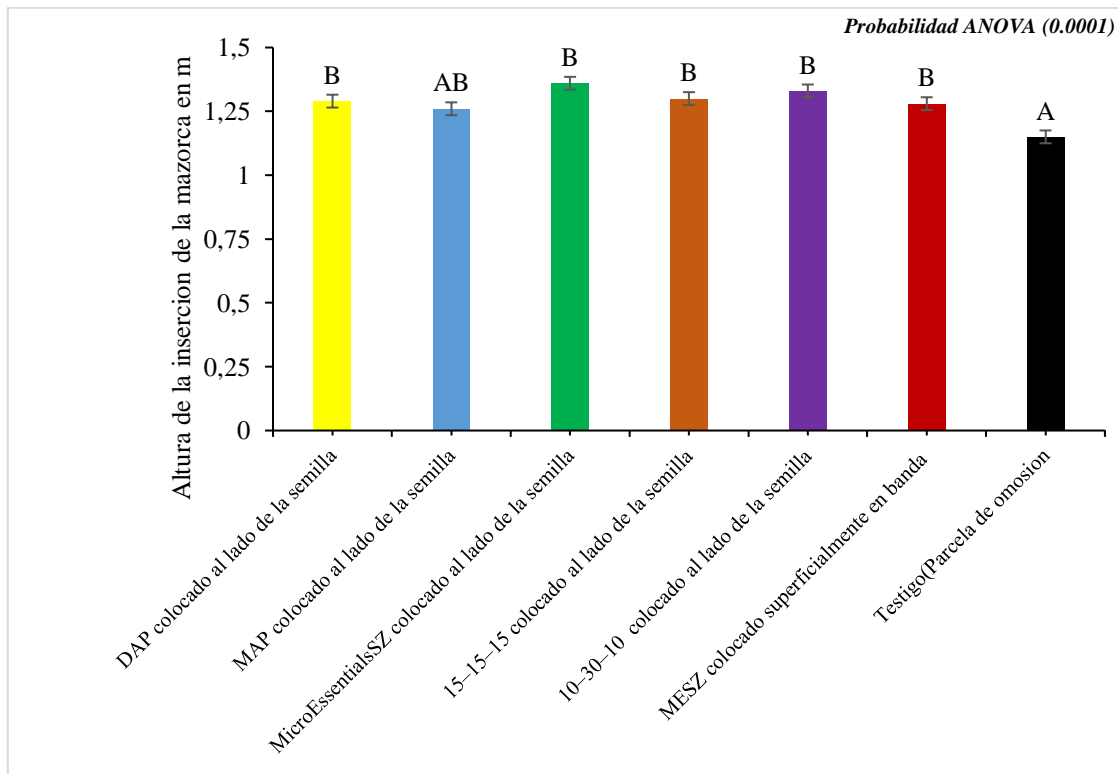


Gráfico 4. 1. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre la altura de inserción de mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

4.2. LONGITUD DE LA MAZORCA

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$) para la variable longitud de mazorca, lo cual demuestra que los tratamientos evaluados influenciaron esta variable. De acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey_{0.05}, el tratamiento testigo presentó el promedio estadísticamente más bajo en contraste a los tratamientos que recibieron fertilización fosfatada. Dentro de los tratamientos que recibieron aplicación de fósforo, comparten el mismo rango de significancia, por lo que se puede decir que son estadísticamente iguales (**gráfico 4.2.**).

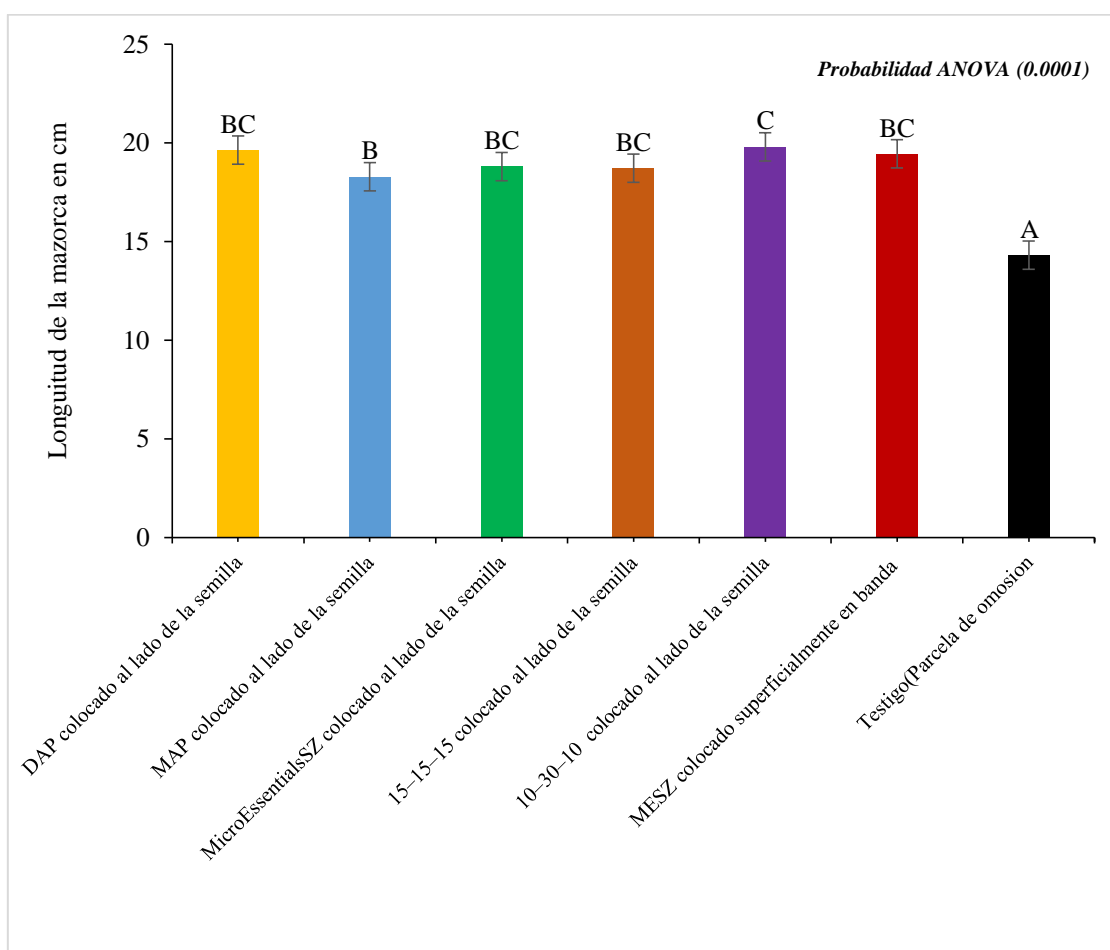


Gráfico 4. 2. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre la longitud de la mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

4.3. DIÁMETRO DE LA MAZORCA

El diámetro de mazorca fue influenciado significativamente ($p=0.0001$) por los tratamientos evaluados. En el **gráfico 4.3**, se observa que de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey_{0.05} los tratamientos que recibieron aplicación de fósforo superaron estadísticamente al testigo Absoluto (parcela con omisión de P), mientras que el tratamiento aplicación de P en banda fue estadísticamente igual a los tratamientos donde se aplicó fósforo a lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador (starters).

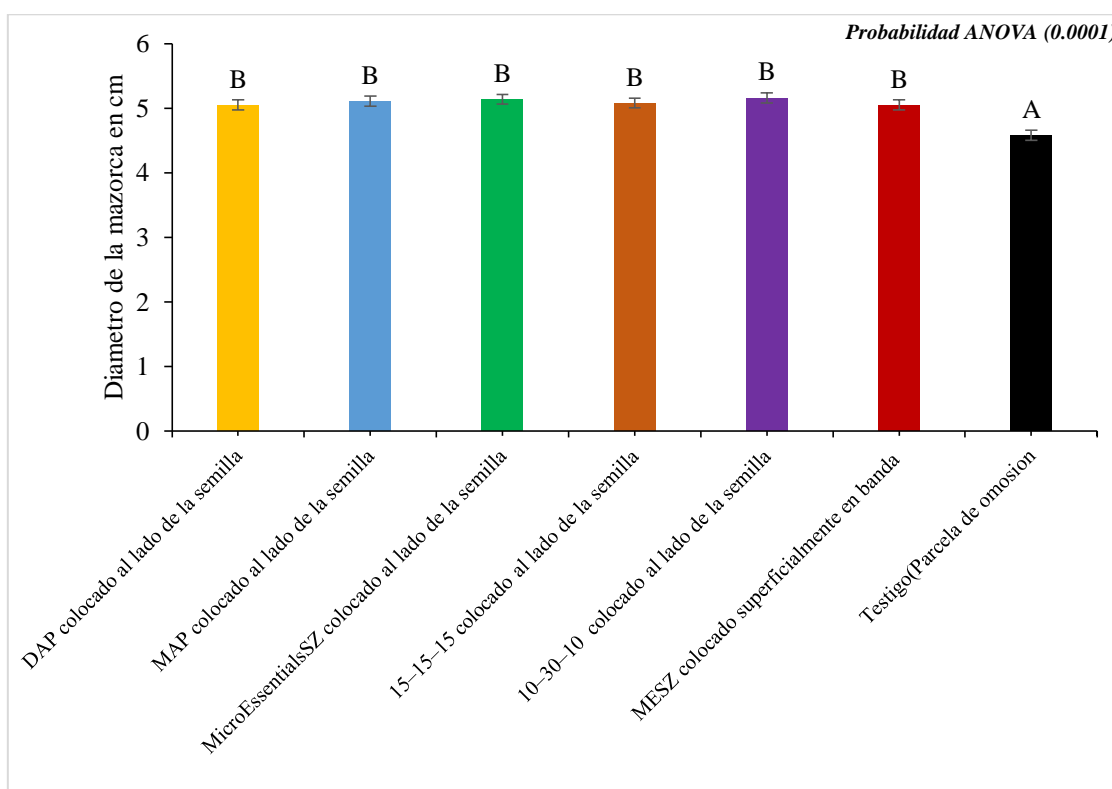


Gráfico 4.3. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el diámetro de la mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

4.4. N° DE HILERAS/MAZORCA

La aplicación de los fertilizantes fosfatados colocados al lado de la semilla (starters) y en banda no presentó diferencias estadísticas significativas ($p=0,1815$). Lo cual indica que los tratamientos no influenciaron esta variable (**gráfico 4.4**).

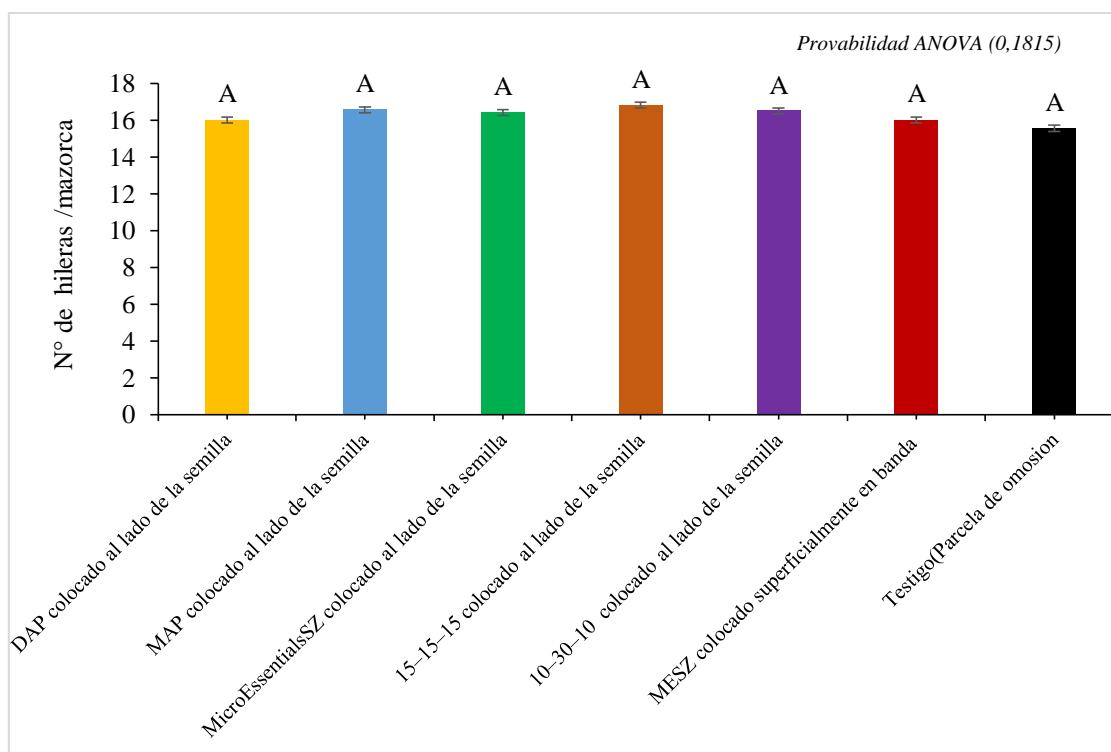


Gráfico 4. 4. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el número de hileras de granos por mazorca. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey $_{0.05}$.

4.5. PESO DE 100 GRANOS AL 14% DE HUMEDAD

El peso de 100 granos fue afectado significativamente por los tratamientos evaluados ($p=0.0001$). **El gráfico 4.5** muestra que de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey $_{0.05}$ la colocación de fertilizantes fosfatados a lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador (starters), superó estadísticamente al tratamiento donde se aplicó el fósforo en banda y al testigo absoluto (parcela con omisión de P).

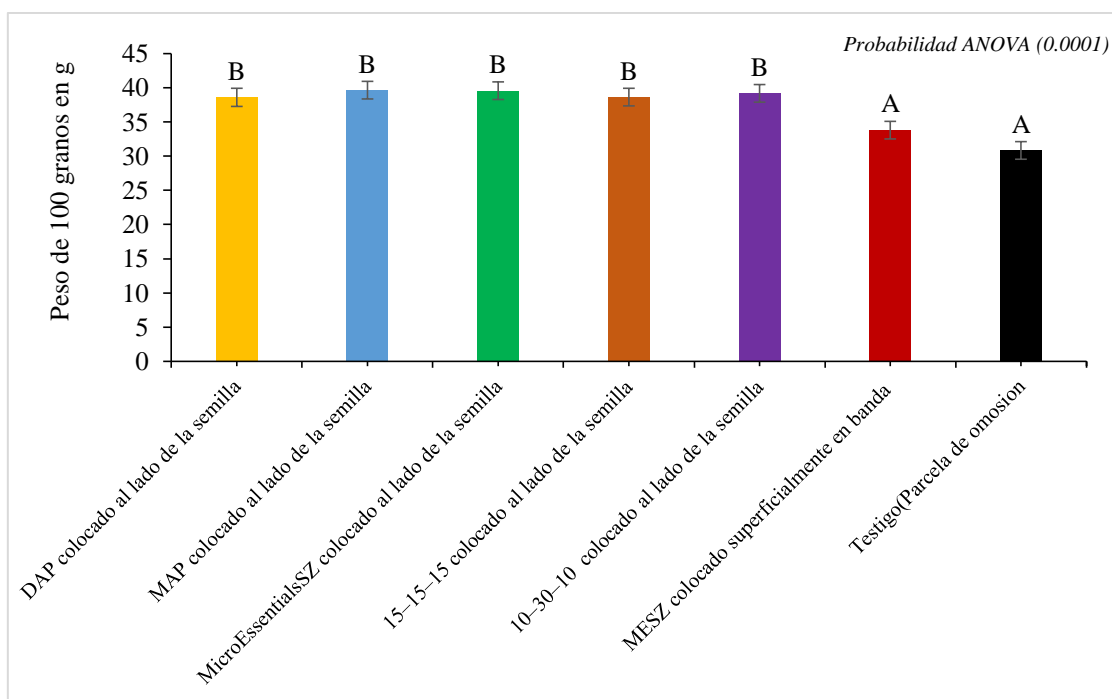


Gráfico 4. 5. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso de 100 granos. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

4.6. PESO DE GRANOS POR PARCELA (kg)

El análisis de varianza aplicado al peso de granos por parcela mostro deferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$), lo cual refleja que los tratamientos evaluados influenciaron esta variable. El **gráfico 4.6**, muestra que los tratamientos a base de fosforo colocado a lado y debajo de la semilla (starters) superaron estadísticamente a los tratamientos a base de fosforo colocado en banda y al testigo con omisión de fosforo.

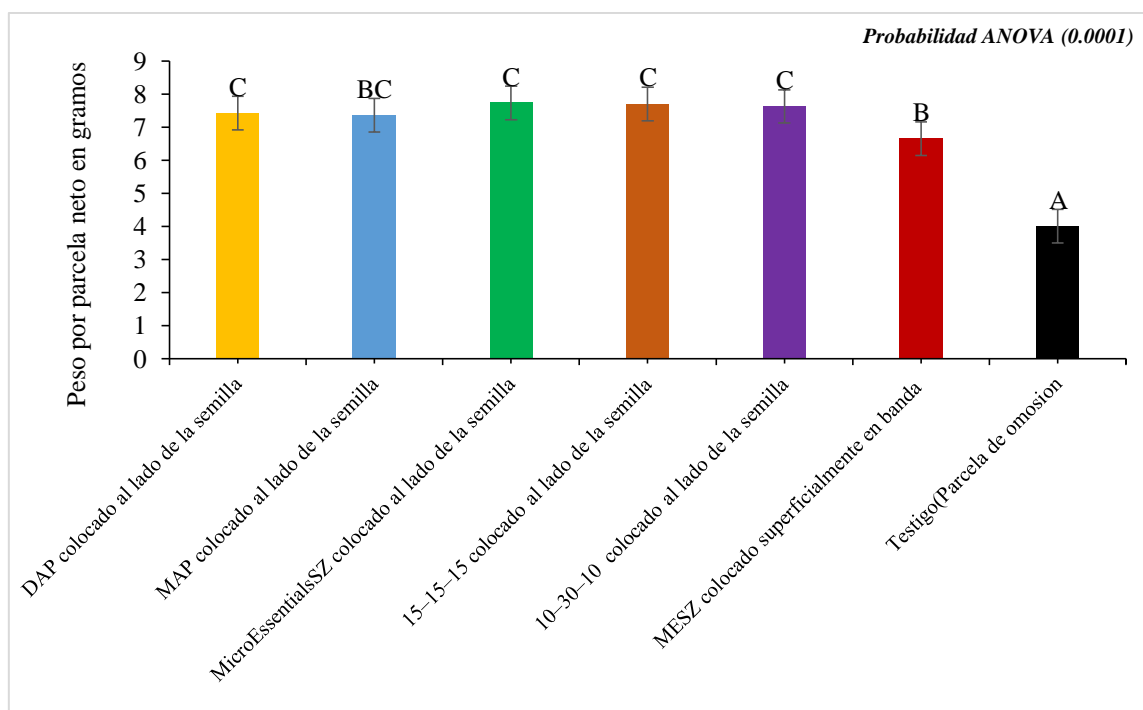


Gráfico 4. 6. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso por parcela neto. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

4.7. RENDIMIENTO (kg ha⁻¹)

El rendimiento fue afectado significativamente ($p=0.0001$) por los tratamientos evaluados, lo cual evidencia un efecto positivo de la fertilización a base de fósforo sobre esta variable. El **gráfico 4.7** muestra que los tratamientos a base de fósforo colocado al lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador (starters) fueron superiores estadísticamente al tratamiento de aplicación de fósforo en banda y al testigo absoluto (Parcela de omisión de P), sin embargo, este último fue superado por la aplicación de fósforo en banda.

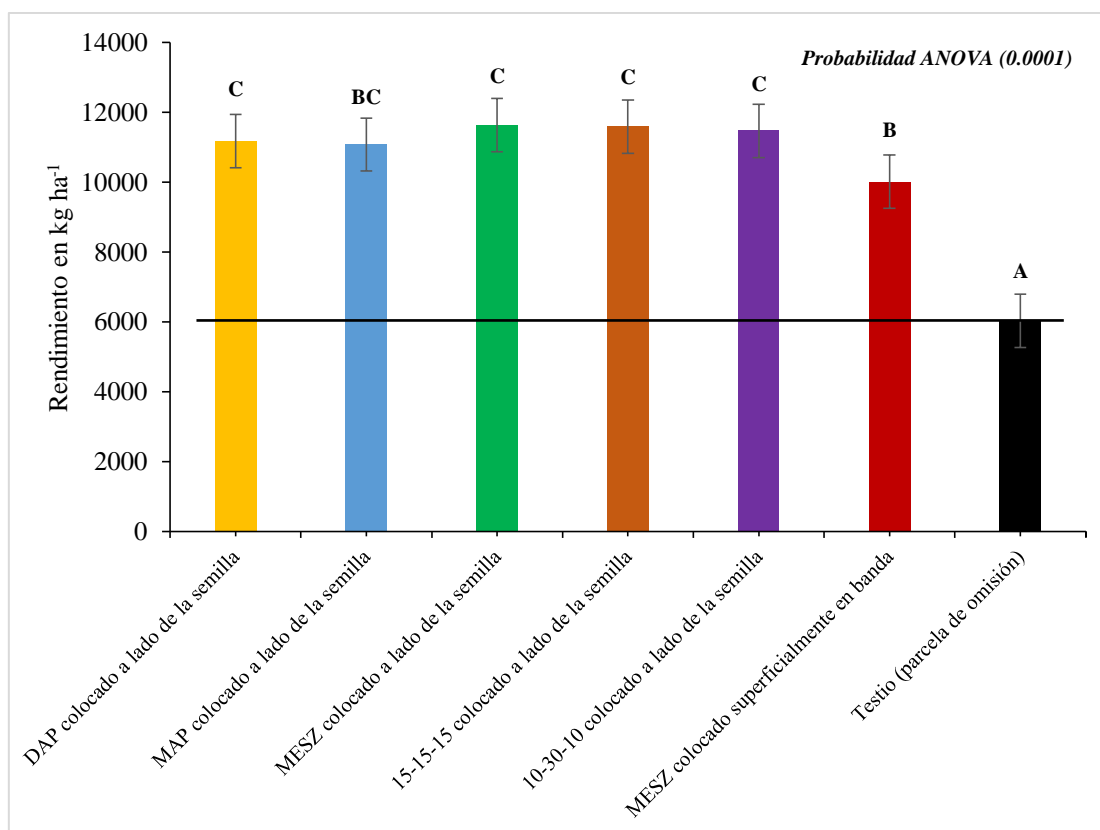


Gráfico4. 7. Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado y debajo de la semilla como arrancadores (starters) sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey_{0.05}.

Los resultados encontrados demuestran que el cultivo de maíz responde a la fertilización fosfatada aún en suelos con altos contenidos de este elemento. Esto concuerda a lo descrito por Gordon (2000) quien obtuvo incrementos de rendimiento en maíz y soya al aplicar fertilizantes arrancadores a base de P y K en suelos con altos contenidos de estos nutrientes. Los resultados también coinciden a los encontrados por Randall y Vetsch (2006), Ranall *et al.* (2001) y Endres *et al.* (2017), quienes reportaron incrementos de rendimiento en maíz al aplicar fósforo al arranque del cultivo.

En el **cuadro 6.**, se muestra que los fertilizantes fosfatados colocados a lado y debajo de la semilla tuvieron un incremento del 40 al 48 % en relación al testigo con omisión de P. Así mismo en el **cuadro 6.**, se aprecia que hubo un incremento de rendimiento del 10 al 14 % en los tratamiento donde se colocó el P a la dado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador (starters), en contraste al tratamiento donde coloco el fosforo en banda de forma superficial.

Cuadro 6. Incremento de los rendimientos en relación al testigo con omisión de P y al testigo convencional con aplicación de P en banda. Calceta, Ecuador, 2018.

Tratamientos	Rendimiento en t ha ⁻¹	Rendimiento en qq ha ⁻¹	Incremento de rendimiento en relación al testigo sin P (%)	Incremento de rendimiento en relación a la aplicación de P en banda (%)
DAP colocado a lado de la semilla	11,17	246	46	10
MAP colocado a lado de la semilla	11,07	244	46	10
MESZ colocado a lado de la semilla	11,63	256	48	14
15-15-15 colocado a lado de la semilla	11,59	254	48	14
10-30-10 colocado a lado de la semilla	11,47	252	47	13
MESZ colocado superficialmente en banda	10,01	220	40	-----
Testigo (parcela de omisión de P)	6,02	132	-----	-----

Los resultados obtenidos con la aplicación de fosforo colocado a lado y debajo de la semilla se asemejan a los reportados por Bermúdez y Mallarino (2002) quienes obtuvieron mejores respuestas de rendimiento en maíz cuando aplicaron los fertilizantes a lado y debajo de la semilla en comparación al tratamiento donde se colocó el fertilizante al fondo del surco. A si mismo los resultados se relacionan a los reportados por Saaka *et al.* (1999) y Cromley *et al.* (2006) quienes obtuvieron respuestas significativas en el rendimiento del maíz con la aplicación de fertilizantes arrancadores colocados a lado y debajo de la semilla, independientemente del material genético cultivado. De forma similar resultados obtenidos por Gordon y Pierzynski (2006) demuestran que el maíz responde positivamente a la aplicación temprana de fertilizantes colocados a lado y debajo de la semilla, donde incluso reportó una mayor absorción de P por parte del cultivo. Sin embargo, el autor aclara que la respuesta del cultivo a la fertilización de arranque varía con los genotipos.

Posiblemente los resultados encontrados en el presente trabajo se deban a que la aplicación temprana de fosforo colocado a lado y debajo de la semilla promovió un mejor desarrollo inicial de las raíces y por ende el desarrollo más vigoroso de las plántulas que favoreció un mayor rendimiento, más aún cuando se conoce que el P es poco móvil en el suelo y las raíces tienen dificultades para absorberlo si este no se coloca cerca del sistema radical. En este sentido Grant *et al.* (2001) exponen que limitaciones en la disponibilidad de P, en etapas tempranas del cultivo, pueden resultar en restricciones de crecimiento de las cuales la planta nunca se recupera, aun cuando después se incremente el suplemento de P a niveles adecuados. Según varios autores la importancia de la aplicación temprana de fosforo se debe a que este elemento promueve el desarrollo vigoroso de las raíces, debido a que el elemento activa funciones energéticas y genéticas al formar parte de compuestos fosfatos energéticos como ADP, ATP, GTP, UTP, CTP y formar parte de los nucleótidos que forman el ADN y ARN indispensables para la expresión genética en términos de crecimiento y potencial productivo (Grant *et al.*, 2001; Maathuis, 2009; Plaxton y Tran, 2011).

Finalmente, los resultados demostraron que entre los fertilizantes evaluados como arrancadores, el MESZ (12% N, 40% P₂O₅, 10% S, 1% Zn), 15-15-15 y 10-30-10 mostraron los mayores rendimientos (**Cuadro 6.**), lo cual se puede deber a que estas fuentes proporcionaron elementos como N, K y S. Esto coincide a los resultados reportados por Roth *et al.* (2003), Shannon (2005) y Randall y Vetsch (2006) quienes reportaron mayor incremento de rendimiento en maíz cuando los fertilizantes arrancadores incluyeron K y S.

El análisis económico realizado en base a beneficios netos (*diferencia entre los incrementos de los costos que varían y el incremento de los rendimientos de los tratamientos en relación al tratamiento testigo*) mostró que entre las fuentes evaluadas como arrancadores (colocado a lado y debajo de semilla), el tratamiento 3 a base del fertilizante MicroEssentials SZ (MESZ) obtuvo el mejor beneficio neto con 1620 USD ha⁻¹, puesto que obtuvo el mayor incremento de rendimiento (124 qq ha⁻¹) y menor incremento de los costos que varían (228

USD ha⁻¹) en relación a los demás tratamientos evaluados como arrancadores (**cuadro 7**). El testigo convencional (T6) a base del fertilizante MESZ colocado en banda a la emergencia del cultivo, mostro el menor incremento de los costos que varían (192 USD ha⁻¹) en relación a los demás tratamientos; sin embargo, también mostro el menor beneficio neto (1119 USD ha⁻¹). Queda claro que bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento, el fertilizante MESZ a base de N, P₂O₅, S y Zn, se muestra como la mejor alternativa económica para fertilizar el maíz al inicio del cultivo, ya sea aplicado como fertilizante arrancador o de manera convencional.

Cuadro 7. Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes arrancadores en maíz amarillo duro. Calceta, Ecuador, 2018.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Arriendo y preparación de terreno, semillas, siembra, Control plagas y malezas, riego y cosecha.	Costo que varía por fertilización (US\$ ha ⁻¹). Cqv = costo de fertilizantes, fertilización y desgrane y transporte	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha ⁻¹): Icq = Cqv Tratamientos - Cqv Testigo	Rendimiento (qq ha ⁻¹). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha ⁻¹). IR = RTn - RT4	Precio unitario de venta (US \$ qq ⁻¹): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha ⁻¹). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha ⁻¹). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización fosfatada de arranque (US \$ ha ⁻¹). BNT n = Iing - Icq
Maíz amarillo duro (70.000 plantas ha⁻¹)										
T1	1874	1042	832	281	246	114	14,9	1699	3665	1418
T2	1872	1042	830	279	244	112	14,9	1669	3636	1390
T3	1821	1042	779	228	256	124	14,9	1848	3814	1620
T4	1975	1042	933	382	254	122	14,9	1818	3785	1436
T5	1906	1042	864	313	252	120	14,9	1788	3755	1475
T6	1701	1042	743	192	220	88	14,9	1311	3278	1119
T7	1593	1042	551	0	132	0	14,9	0	1967	0

T1 (DAP aplicado de arranque junto a la semilla), **T2** (MAP aplicado de arranque junto a la semilla), **T3** (MESZ aplicado de arranque junto a la semilla), **T4** (15-15-15 aplicado de arranque junto a la semilla), **T5** (10-30-10 aplicado de arranque junto a la semilla), **T6** (MESZ aplicado en banda superficial a la emergencia), **T7** (Parcela con omisión de P).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La aplicación de fertilizantes fosfatados arrancadores colocados a lado y debajo de la semilla mostraron rendimientos superiores en contraste a la aplicación convencional en banda del fertilizante fosfatado y al testigo con omisión de P.
- Dentro de las fuentes fosfatadas colocadas como arrancadores a lado y debajo de la semilla, el fertilizante MicroEssentials SZ (MESZ) se mostró como la mejor alternativa agronómica y económica al producir el mayor rendimiento y beneficio neto.
- La aplicación temprana de fósforo al inicio del cultivo fue de vital importancia para incrementar los rendimientos y beneficios económicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar fuentes de liberación controlada sola y combinada con fuentes convencionales con la finalidad de incrementar la eficiencia de la fertilización y reducir costos de producción.
- Comparar la eficiencia de la fertilización de arranque entre fuentes fertilizantes de mezcla física y química.
- Repetir el ensayo en varias localidades tanto en la época seca y de lluvias, con la finalidad de ajustar datos y diseñar dominios de recomendación.

BIBLIOGRAFÍA

Axayacatl, O. (2018). Nutrición Vegetal. Recuperado de <https://blogagricultura.com/nutricion-vegetal-fosforo/>.

Beegle, D., y Roth, G. (2007). Starter fertilizer. Cooperative Extension. College of Agricultural Sciences. Pennsylvania State University. 6 p.

Bonatti, R., Calvo, S., Giancola, S., Centeno, M., Lacovino, R., y Jaldo, M. (2014). Análisis cualitativo de los factores que afectan a la adopción de tecnología en los cultivos de soja y maíz de la provincia de San Luis. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-analisis_cualitativo_adopcion_san_luis_inta.pdf

Bundy, L. G. (2013). Evaluating Corn Starter Fertilizer Programs. Department of Soil Science. University of Wisconsin. 21 p.

Bundy, L. G., y Andraski, T. W. (2004). Respuesta de la fertilización de arranque en suelos con contenidos altos y muy altos de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*. (52), 9 – 11.

Correndo, A. A., y García, F. O. (2014). Bases de la nutrición del cultivo de maíz. Maíz. Buenos Aires, Argentina: AACREA

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). Dirección de estadística FAOSTAT. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. (2010). El cultivo de maíz, historia e importancia. *Revista El Cerealista*. (93), 10–19.

Ferraris, G., y Couretot, L. (2013). Fertilizantes fosforados en Maíz: Comparación de fuentes, dosis y formas de localización. Campaña 2008/2009. Recuperados en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizantes-fosforados-maiz-comparacion-t30495.html>

FERMAGRI. (2017). Fertilizante 10 - 30 – 10 Premium. p 1

García, F. O. (2011). Fertilización de Maíz en la Región Pampeana. Recuperado en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/fertilizacion-de-maiz-en-la-region-pampeana>

García, J., y Espinoza, J. (2009). Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*. (72), 1-5

García, F. O. (2002). Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. 2.

Gordon, R. M., Franco, J. E., y Villarreal, J. E. (2016). Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá 2004-2013. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 27 (1), 95-108.

González, M. (2017). Recomiendan la estrategia de las 4R a la hora de fertilizar. Recuperado de <http://www.infocampo.com.ar/recomiendan-la-estrategia-de-las-4r-a-la-hora-de-fertilizar/>

Grande, C. T., y Orozco, B. S. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97 – 110

Grant, C. A., Flaten, D. J., Tomasiewicz, D. J., y Sheppard, S. C. (2001). Importancia de la nutrición temprana con fósforo. *Revista Agronómicas*, (44), 1 – 5.

Gutiérrez, C. (2013). Nutrición. Recuperado de <http://observatorioedsicta.info/inventariotec/nutricion/15-15-15.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Sistema agroalimentario del maíz. Quito, Ecuador. 28

Instituto Nacional Autónomo De Investigaciones Agropecuarias. (2004). Generación de híbridos convencionales de maíz duro y de prácticas de manejo y conservación de suelos para condiciones de ladera en el trópico seco de Manabí. Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/GENERACION_HIBRIDOS_CONVENCIONALES_MAIZ_DURO_PRACTICAS_MANEJO_CONSERVACION_SUELOS_CONDICIONES_LADERA_TROPICO_SECO_MANABI.pdf

Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas. (2013). Fuentes de Nutrientes Específicos. Recuperado de <https://www.ipni.net/specifics-es>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2015). Fertilización de maíz con fuentes sólidas y líquidas de fósforo. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2015_3.pdf

Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2017). Las 4R`s para el Manejo Responsable de la fertilización. *INTAGRI*, (101), 4

Insumos Y Servicios Agrícolas De Occidente, S.A. De C.V. (2012). *MICRO ESSENTIAL SZ*. 1

- Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J., y Wittmer, C. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. (66), 1– 92
- Lara, W., y Yamada, T. (1999). Urea aplicada en la superficie del suelo: un pésimo negocio. *Informaciones Agronómicas*, (37), 10 – 12.
- León, W. D. (2016). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina (Tesis de Ing. Agrónomo). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, Trujillo
- López, D. E., Loeza, J. C., Hernández, B. I., Campos, I. P., Guerrero, O. J., y Benítez, S. G. (2014). Eficiencia agronómica del fósforo, biomasa y rendimiento de dos variedades nativas de maíz y un híbrido en el centro de México. *Revista científica Qyton*, 83(1), 171-178
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2016. SINAGAP, Superficie, producción y rendimiento, maíz duro seco. Recuperado de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/maiz-duro-seco>
- Murrell, T. (2003). Transformaciones de los nutrientes en el suelo. *Informaciones Agronómicas*, (49), 1 – 5
- Naranjo, J. (2016). Efecto de la nutrición con N, P, K, Zn y b sobre el rendimiento del cultivo de maíz blanco (Tesis. Ing. Agrónomo). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Pineda, P., Martínez, J., Amante, A., y Ruíz, V. (2001). Respuesta del maíz al fósforo y un mejorador de suelos en áreas yesosas de la zona media de San Luís Potosí. *Rev. Chapingo*, (2) 106-113
- Quesada, G., y Hernández, B. (2013). Obtención De La Curva De Extracción Nutricional Del Híbrido De Tomate Fb-17. *Revista Terra Latinoamericana*, 31(1), 2

- Quiroz, D., y Merchán M, (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (Sea maíz L.). Recuperado de http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas_practicas/iniap.pdf
- Schwambach, J., Fadanelli, C., Arthur, G., y Fett, A. 2005. Nutrición mineral y enraizamiento adventicio en micro cortes de *Eucalyptus globulus*. Victoria-Canada. Cd.Revista Tree Physiology, 25(4), 487.
- Snyder, C., y Stalon, N. (2003). Efecto de la inundación y secado del suelo en las reacciones del fósforo. *Informaciones Agronómicas*, (51), 5–7
- Steward, W. (2001). Fertilizantes y el ambiente. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Informaciones Agronómicas*, (44), 6–7
- Thielen, D., Cevallos, J., Erazo, T., Zurita, I., Figueroa, J., Velásquez, E., Matute, N., Quintero, J., y Puche, M. (2016). Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa Ecuatoriana del Pacífico. *Revista de Climatología*, (16), 35–50.
- Villamar, J. A. (2011). Evaluación agronómica de los maíces híbridos ‘pioneer 30f87’, ‘Pioneer 30k75’ e ‘INIAP 602’ como testigo en presencia de varios niveles de fertilización, en condiciones de secano (Tesis. Ing. Agrónomo). Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos-Babahoyo, Ecuador

ANEXOS



Foto.1. Balizado del terreno.



Foto.2. Riego y limpieza de los surcos.



Foto.3. Gigantografía



Foto.4. Tableros de los tratamiento



Foto.5. Colocación de los tableros en cada una de las parcelas.



Foto.6. Peso de cada uno de los tratamientos



Foto.7. Riego para la siembra



Foto.8. siembra del cultivo y fertilización.



Foto. 9. Fertilización en banda al cultivo.



Foto. 10. Raleo en cada una de las parcelas.



Foto. 11. Aplicación de abono foliar.



Foto. 12. Control de gusano cogollero.



Foto. 13. Control de malezas.



Foto. 14. Toma de las variables.



Foto. 15. Toma de datos en la variable altura de planta



Foto. 16. Cosecha.



Foto. 17. Cosecha por separado de cada uno de los tratamientos.



Foto. 18. Toma de variable longitud de la mazorca.



Foto. 19. Toma de variable diámetro de la mazorca.



Foto. 20. Toma de variables número de hileras por mazorca.



Foto. 21. Peso de 100 granos.



Foto. 22. Peso neto de la parcela.



Foto. 23. Separación de cada tratamiento.



Foto. 24. Secado de los tratamientos.