



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

DIRECCIÓN DE CARRERA: AGRÍCOLA

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

TEMA:

**EFFECTO DE VARIAS FUENTES FOSFATADAS COLOCADAS A
LADO DE LA SEMILLA SOBRE EL RENDIMIENTO Y
RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ**

AUTORES:

**RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN
LUIS ENRIQUE ZAMBRANO VÉLEZ**

FACILITADOR:

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, Mg

CALCETA, DICIEMBRE DEL 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN Y LUIS ENRIQUE ZAMBRANO VÉLEZ 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.

.....
RUDY A. ALCÍVAR HOLGUÍN

.....
LUIS E. ZAMBRANO VÉLEZ

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA certifica haber tutelado proyecto **EFFECTO DE VARIAS FUENTES FOSFATADAS COLOCADAS ALADO DE LA SEMILLA SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ**, que ha sido desarrollada por **RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN Y LUIS ENRIQUE ZAMBRANO VÉLEZ**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. GALO A. CEDEÑO GARCÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación, **EFFECTO DE VARIAS FUENTES FOSFATADAS COLOCADAS A LADO DE LA SEMILLA SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ** que ha sido propuesta, desarrollada por **RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN** y **LUIS ENRIQUE ZAMBRANO VÉLEZ** , previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Freddy Mesías Gallo, Mg
MIEMBRO

.....
Ing. Frowen Cedeño Sacón, Mg.
MIEMBRO

.....
Ing. Gonzalo Constante Tubay, Mg
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;

Principalmente quiero agradecer a DIOS por su infinita misericordia hacia mí, que me dio las herramientas para salir adelante, desde muy pequeño soñando con momentos grandes como este bajo las adversidades que te pone la vida para demostrar de que estas hecho, dicen que dios les da las batallas más difíciles a sus mejores guerreros y so soy un guerrero de dios, ya que con su bendición y guía pude alcanzar uno de mis objetivos.

Al Ing. Galo Cedeño por su paciencia ya que siempre estuvo presto a colaborar con sus conocimientos en todo momento, ya que sin su ayuda no hubiéramos culminado con el trabajo. A los señores miembros del honorable tribunal por su ayuda y paciencia.

A mis padres infinitas gracias por el apoyo incondicional e inculcarme siempre buenos valores y principios a mi esposa por permanecer en los momentos más difíciles, ya que ellos son quienes me motivan a seguir adelante.

RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y las oportunidades que se me presentaron a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mis padres que son un pilar fundamental en mi vida y que día a día se esforzaron por darme lo necesario para que pueda salir adelante, por sus consejos que nunca me faltaron cuando estuve a un paso de rendirme, siempre estuvieron pendientes de mí en los momentos más críticos de mi vida, no me alcanzan las palabras para agradecer todo lo que hicieron y siguen haciendo por mí.

A mis abuelos y demás familiares que como siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo incondicional.

A mi esposa e hija que están conmigo siempre en los buenos y malos momentos, son mis ganas de salir adelante mi inspiración de superarme de saber que tengo alguien por quien luchar y darlo todo.

Y no puedo terminar mis agradecimientos sin antes mencionar a la carrera de ingeniería agrícola y a su cuerpo docente que siempre compartieron sus conocimientos y sus consejos, en especial al Ing. Galo Cedeño que siempre estuvo presto a colaborar con sus conocimientos para el desarrollo de nuestro trabajo de titulación y a los señores miembros del honorable tribunal por su ayuda y paciencia.

ZAMBRANO VÉLEZ LUIS ENRIQUE

DEDICATORIA

Quiero dedicar este triunfo a mis padres por el apoyo e inculcarme el estudio a mi esposa por acompañarme en esos momentos difíciles que pase en el transcurso de mi carrera, ya que ellos son los que cada día me motivan para seguir adelante y cumplir con mis metas y siempre a DIOS porque él es verdadero ejemplo a seguir, esta meta importante me enseñó que no hay que ser el mejor para poder cumplir con tus sueños, simplemente hay que ser constante, respetar a los demás y amar a tu patria. También quiero dedicar este logro a toda mi familia aquellos que siempre me dieron un consejo.

RUDY ANDERSON ALCÍVAR HOLGUÍN

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios quien me presto vida y salud para seguir adelante.

A mis queridos padres que sin duda alguna han sacrificado gran parte de sus vidas para brindarme su apoyo incondicional y todo lo necesario para que logre una meta más en mi vida.

A mi esposa, hija y demás familiares que siempre confiaron en que este momento llegaría este triunfo también se los debo a Uds.

ZAMBRANO VÉLEZ LUIS ENRIQUE

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
2.1. Planteamiento y formulación del problema	1
2.2. Justificación	1
2.3. Objetivos	2
3.2. Objetivo general	2
3.3. Objetivos específicos	2
3.4. Hipótesis, premisas y/o ideas a defender	2
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.4. Situación actual del maíz	3
2.5. Fenología del maíz	3
2.5.1. Etapas de desarrollo del cultivo de maíz	4
2.6. Ecofisiología del maíz	5
2.7. Requerimientos nutricionales del maíz	5
2.8. Importancia de la nutrición temprana con p en maíz	6
2.9. Experiencias en la fertilización de arranque (starters) en maíz	7
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	8
3.1. Localización del experimento	8
3.5. Material vegetal	8
3.6. Tratamientos	8

3.7.	Diseño experimental	8
3.8.	Unidad experimental.....	9
3.9.	Variables respuesta	10
3.10.	Longitud de la mazorca (cm)	10
3.10.1.	Diámetro de la mazorca (mm)	10
3.10.2.	Número de hileras de grano/mazorca.....	10
3.11.	Número de granos/hilera	10
3.12.	Número de granos/mazorca	10
3.13.	Número de mazorcas por parcela.....	10
3.14.	Peso de 100 granos al 14% de humedad (g).....	10
3.15.	Peso de granos/mazorca al 14% de humedad (g).....	11
3.16.	Peso de granos por parcela al 14% de humedad (kg).....	11
3.17.	Rendimiento al 14% de humedad (kg ha ⁻¹).....	11
3.18.	Variables de uso eficiente de nutrientes	11
3.19.	Factor parcial de productividad (fpp _p) del p aplicado	12
3.20.	Eficiencia agronómica (ea _p) del p aplicado:	12
3.21.	Análisis de datos	12
3.22.	Análisis económico.....	13
3.23.	Manejo específico del experimento	13
3.23.1.	Fertilización.....	13
3.24.	Protección del cultivo	14
3.25.	Aplicación del fertilizante arrancador	15
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		16
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		24
5.1.	Conclusiones.....	24
5.2.	Recomendaciones.....	24
BIBLIOGRAFÍA		25

ANEXOS.....	27
-------------	----

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

TABLAS:

Tabla 1. Etapas de Desarrollo del cultivo de maíz.	4
Tabla 2. Esquema del Analisis de Varianza.....	12
Tabla 3. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre componentes de rendimiento longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, hileras de granos por mazorca y granos por hilera, en dos localidades maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.....	16
Tabla 4. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre componentes de rendimiento peso de granos por mazorca y peso de 100 granos, en dos localidades maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.....	17
Tabla 5. Incremento del rendimiento de maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica, en relación al testigo con omisión de P. Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.....	20
Tabla 6. Análisis económico de fertilización fosfatada en Casical, Tosagua, Ecuador. 2019.....	22
Tabla 7. Análisis económico de fertilización fosfatada en la Pitahaya, Tosagua, Ecuador. 2019.....	23

FIGURA:

Figura 1. Esquema de los tratamientos.....	9
Figura 2. Esquema de la parcela.....	9
Figura 3. Esquema de la colocación de los fertilizantes arrancadores.....	15
Figura 4. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento de maíz amarillo duro en la zona maicera de Casical del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.....	18
Figura 5. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento de maíz amarillo duro en la zona maicera de La Pitahaya del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.....	18
Figura 6. Eficiencia agronómica del P en maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica en dos zonas maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador. 2019.....	21

Figura 7. Eficiencia agronómica del P promedio en maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica en Tosagua, Manabí, Ecuador. 2019. ... 21

RESUMEN

La investigación se desarrolló durante la época lluviosa del 2019, en las localidades de Casical y La Pitahaya del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de varias fuentes fosfatadas colocadas a lado de la semilla sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz. Los tratamientos evaluados fueron los fertilizantes MESZ, Fertimaíz, Ecomaíz, Yaramilla complex y 10-30-10 colocados a lado de la semilla, y 10-30-10 colocado en banda. Además, de un tratamiento control con omisión de fósforo. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con siete tratamientos, tres repeticiones y 21 unidades experimentales. Las principales variables registradas fueron rendimiento y beneficio económico neto. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para en rendimiento entre los tratamientos de fertilización fosfatada y el tratamiento control sin P, en ambas localidades evaluadas. Sin embargo, no se encontró diferencias entre los fertilizantes fosfatados probados, lo cual indica que independientemente de las fuentes y de la forma de aplicación, el fósforo es un elemento clave para incrementar el rendimiento del maíz. La mayor eficiencia agronómica del P fue alcanzada por los fertilizantes complejos en relación a los clásicos a base de NPK. Finalmente, el mayor incremento de rendimiento y beneficio económico neto fue alcanzado por el fertilizante fertimaíz en ambas localidades evaluadas.

Palabras claves: Zea mays, Fertilización fosfórica, Uso eficiente de fósforo

ABSTRACT

The research was carried out during the rainy season of 2019, in the towns of Casical and La Pitahaya of the Tosagua canton, Manabí, Ecuador. The aim of the research was to evaluate the effect of several phosphate sources placed next to the seed on the yield and profitability of the corn crop. The treatments evaluated were the fertilizers MESZ, Fertimaíz, Ecomaíz, Yaramilla complex and 10-30-10 placed next to the seed, and 10-30-10 placed in a band. In addition, a control treatment with phosphorus omission. The experimental design used was randomized complete blocks with seven treatments, three repetitions and 21 experimental units. The main variables recorded were performance and net economic benefit. The results showed significant differences ($p < 0.05$) for performance between phosphate fertilization treatments and control treatment without P, in both locations evaluated. However, no differences were found between the phosphate fertilizers tested, which indicates that regardless of the sources and the form of application, phosphorus is a key element in increasing corn yield. The greater agronomic efficiency of P was achieved by complex fertilizers in relation to NPK-based classics. Finally, the greatest increase in yield and net economic benefit was achieved by the fertilizer fertilizer in both locations evaluated.

Key words: Zea mays, Phosphorus fertilization, Efficient use of phosphorus

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, debido a su elevada incidencia social, y por su contribución a la economía de subsistencia a familias campesinas, aporta en la alimentación humana y por su creciente demanda para la elaboración de alimentos balanceados de consumo animal principalmente (SINAGAP, 2015).

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 (FAO, 2015). 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 (MAGAP, 2016).

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, Castro, Yépes, Wittmer, 2012; Thielen *et al.*, 2016). Por lo anteriormente expuesto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿La colocación de fuentes fosfatadas a lado de la semilla incrementa el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz bajo secano?

1.2. JUSTIFICACIÓN

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 rio 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 bajo condiciones de secano. 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, 2009). Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla se convierte en una opción sostenible para el manejo de fertilizantes fosfatados en sistemas de cultivo de maíz en condiciones de secano, motivo por el cual la investigación se fundamenta y justifica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de varias fuentes fosfatadas colocadas a lado de la semilla sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de cinco fuentes fosfatadas colocadas a lado de la semilla sobre el rendimiento del cultivo de maíz.
- Establecer la eficiencia agronómica de varias fuentes fosfatadas en el cultivo de maíz.
- Establecer las ventajas económicas de la colocación de fuentes fosfatadas a lado de la semilla en el cultivo de maíz

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER

La aplicación de fuentes fosfatadas a lado de la semilla incrementará significativamente el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL MAÍZ

El maíz es la mercancía agrícola que más se produce en el mundo. Debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial se ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales. De acuerdo con información del Reporte de Oferta y Demanda noviembre 2016, publicado en el sitio de internet de Fira, se pronostica que el Banco de México, para este periodo obtendrá 1,030.5 millones de toneladas de maíz. Para 2016-17 se espera que, derivado de un aumento anual de 5.3 por ciento en el rendimiento promedio por unidad de superficie y de 1.6% en la superficie cosechada mundial, se alcance la mayor cosecha de maíz de la que se tenga registro (Cuevas, 2016).

En el sector maicero ecuatoriano hay preocupación como consecuencia de la sequía presentada en una importante zona productora de la costera provincia de Manabí y por asuntos relacionados con el precio del quintal que esperan sea definido por las autoridades del ramo. En Manabí, el irregular invierno ha malogrado unas 49.000 hectáreas de este cereal, por lo que los productores han pedido la urgente intervención del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para encontrar soluciones a las pérdidas generadas en este importante sector de la economía (ANDES, 2018).

2.2. FENOLOGÍA DEL MAÍZ

El desarrollo fenológico del maíz se refiere al ritmo de crecimiento vegetativo y reproductivo expresado en función de los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta, relacionados con el ambiente. Conocer dicho comportamiento de desarrollo del cultivo permitirá un pronóstico de la incidencia de plagas, lo cual se vuelve esencial al momento de planificar, estructurar y aplicar algún programa de manejo integrado de plagas, ya que el grado de susceptibilidad del cultivo a los daños causados por las plagas dependerá de su estado de desarrollo. No todas las plantas en el campo llegan a una etapa en particular, al mismo tiempo. Por lo tanto, los investigadores asumen que el cultivo alcanza una etapa

específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes (Valdez, Soto, Osuna, Báez, 2012).

2.3. ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ

La primera etapa empieza desde el momento de la siembra que se lleva de 0-1 días, luego viene la germinación y emergencia que se lleva de 2-6 días, sigue el desarrollo vegetativo desde 7-48 días, la floración se presenta desde los 49-52 días, la formación y llenado del grano se da desde los 53-67 días, la maduración viene desde los 68-110 días, finalmente la cosecha en seco se da entre los 111-120 días. Las etapas de crecimiento en maíz se dividen en dos grandes categorías: VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA (Quiroz y Merchán, 2016).

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos (ver Tabla 1 para más detalles):

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

Tabla 1. Etapas de Desarrollo del cultivo de maíz.

Etapas	Días	Características
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
VN		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa lechosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano.
		La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

2.4. ECOFISIOLOGÍA DEL MAÍZ

Garay y Colazo (2015) redactan que la ecofisiología vegetal estudia el funcionamiento de los cultivos y comunidades vegetales de interés agropecuario y forestal en relación con la productividad. Toma en cuenta los procesos y mecanismos que determinan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la partición de la materia seca hacia los destinos metabólicos de las plantas, la determinación del rendimiento y sus componentes, los factores determinantes de la fotosíntesis y la respiración del cultivo, las relaciones hídricas y nutricionales en el sistema suelo-planta, y sus efectos sobre la productividad. El conocimiento así obtenido es crítico y estratégico para mejorar la producción en cantidad y calidad, producir de manera eficiente y sustentable, asistir y orientar al mejoramiento genético y proveer el marco conceptual para el desarrollo de modelos y estudios de los sistemas de producción.

Además, estos autores señalan que la ecofisiología vegetal contribuye al conocimiento de los procesos y mecanismos determinantes del crecimiento y desarrollo de los cultivos, siendo necesario su comprensión para aumentar la producción de manera sostenible y para orientarnos en las prácticas de manejo del cultivo más apropiadas. Para el caso del maíz, se sabe que la temperatura controla la duración del ciclo del cultivo entre la siembra y la madurez fisiológica, mientras que el fotoperíodo afecta el tiempo entre la emergencia y la floración. Estos dos factores tienen una gran influencia sobre el desarrollo del ciclo ontogénico del cultivo en función de la elección de la fecha de siembra.

2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ

El maíz tiene unas necesidades nutricionales por unidad de producción similares a otros cereales, como el trigo o la cebada. Pero debido a sus producciones, habitualmente mucho más altas, las cantidades de nutrientes demandadas por el maíz, en términos absolutos, son mucho más elevadas. Existen diferentes referencias sobre las cantidades de nutrientes esenciales consumidos en mayor cantidad (Betrán, 2017).

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 (Villamar, 2011).

2.6. IMPORTANCIA DE LA NUTRICIÓN TEMPRANA CON P 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, Flaten, Tomasiewicz, Sheppard, 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 (INTAGRI, 2007).

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, 2010; Bundy, 2009).

2.7. EXPERIENCIAS EN LA FERTILIZACIÓN DE ARRANQUE (STARTERS) EN MAÍZ

Los fertilizantes arrancadores, denominados “Starters”, son fertilizantes aplicados en pequeñas cantidades en estrecha proximidad a la semilla durante la siembra. Estos fertilizantes tienen la finalidad de mejorar el desarrollo de las plántulas mediante el suministro de nutrientes esenciales en lugares accesibles para las raíces. Un establecimiento rápido del cultivo es deseable, ya que el desarrollo de las plantas y el rendimiento son influenciados durante las etapas tempranas de crecimiento. Las plantas jóvenes de rápido crecimiento, en general son más resistentes al ataque de plagas y enfermedades, y pueden competir con mayor eficiencia ante las malezas (Beegle y Roth, 2010).

Un fertilizante de arranque no debe confundirse con los fertilizantes que se aplican en banda para corregir la deficiencia de un nutriente en el suelo, pues éstos tienen la finalidad de corregir deficiencias en el suelo, mientras que los fertilizantes arrancadores tienen el objetivo de mejorar el desarrollo inicial de los cultivos. Para que un fertilizante se considere de arranque debe ser colocado de tal manera que proporcione nutrientes suficientes para mejorar el vigor de plántulas y su desarrollo, por lo general debajo y a un lado de la línea de semillas. El objetivo es lograr fácil acceso a nutrientes hasta que las plantas establezcan sistemas de raíces más sólidos (Ruiz, 2014).

CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló durante la época de secano del año 2019 en dos localidades maiceras del cantón Tosagua, Provincia de Manabí. Situado geográficamente entre las coordenadas 00°47'03.19" de Latitud Sur y 80°14'03.59" de Longitud Oeste, a una altitud de 10 m.s.n.m.

3.2. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó un híbrido comercial de maíz que presentó un potencial de rendimiento mínimo de 10 t h⁻¹ para las condiciones de Manabí.

3.3. TRATAMIENTOS

Tratamiento	Fuentes fosfatadas
T1	1 g de P205 planta ⁻¹ (MESZ)
T2	1 g de P205 planta ⁻¹ (FERTIMAIZ)
T3	1 g de P205 planta ⁻¹ (ECOMAIZ)
T4	1 g de P205 planta ⁻¹ (YARAMILA COMPLEX)
T5	1 g de P205 planta ⁻¹ (10-30-10)
T6	1 g de P205 planta ⁻¹ FERTILIZACION CONVENCIONAL EN BANDA (10-30-10)
T7	ABSOLUTO

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 7 tratamientos y tres repeticiones para un total de 21 unidades experimentales. A continuación, se muestra el esquema de los tratamientos.

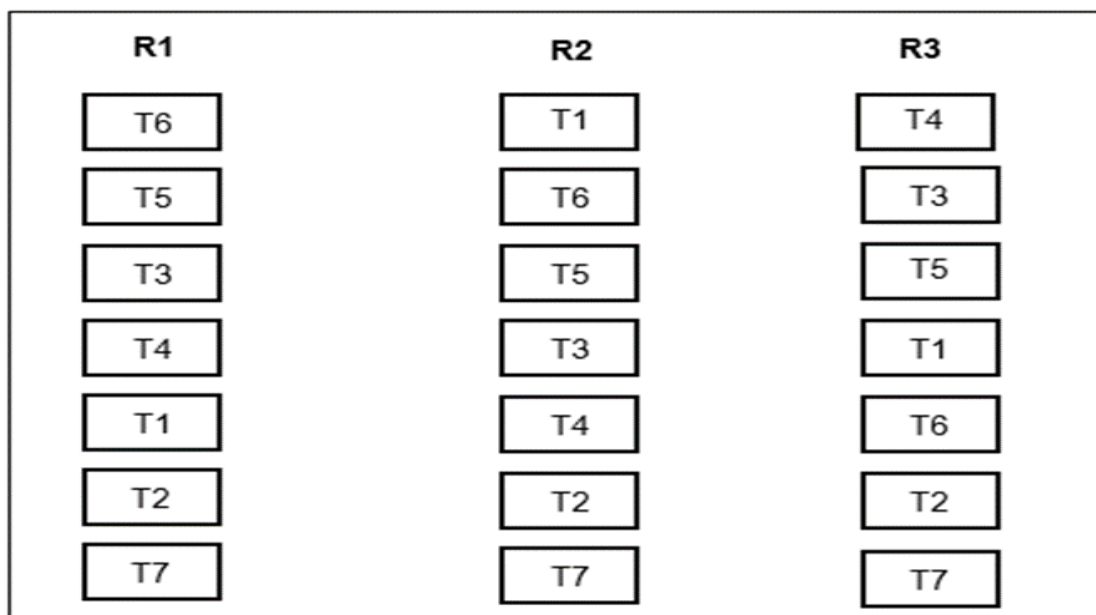


Figura 1. Esquema de los tratamientos.

3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental se conformó por parcelas de 32 m² (6 hileras de 8 m de largo espaciados a 0,80 m). El registro de datos se realizó en las cuatro hileras centrales de cada parcela, la distancia entre plantas fue de 0,20 m con una planta por sitio, obteniéndose la densidad de 62500 plantas ha⁻¹. En cada hilera útil se establecieron 40 plantas de las cuales fueron registradas para la evaluación 36 al descontar dos en cada borde de la hilera para efectos de error, lo que totalizo 144 plantas por parcela neta.

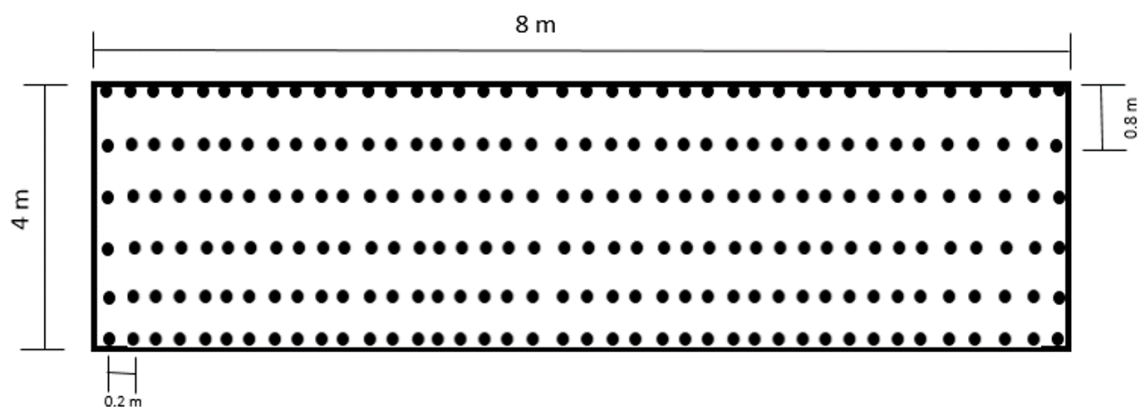


Figura 2. Esquema de la parcela.

3.6. VARIABLES RESPUESTA

3.6.1. LONGITUD DE LA MAZORCA (CM)

Se evaluaron 5 mazorcas al azar del área útil de cada parcela y se midió desde la base hasta el ápice de las mimas, luego se promedió su valor en centímetros.

3.6.2. DIÁMETRO DE LA MAZORCA (MM)

Se midió la parte central de la mazorca, con un calibrador digital, posteriormente se expresó en milímetros.

3.6.3. NÚMERO DE HILERAS DE GRANO/MAZORCA

Se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil, contando las hileras de granos.

3.6.4. NÚMERO DE GRANOS/HILERA

Al momento de la cosecha, se tomaron cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil, contando el número de granos por hilera.

3.6.5. NÚMERO DE GRANOS/MAZORCA

Se tomaron cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil, al momento de la cosecha contando el número de granos de cada mazorca.

3.6.6. NÚMERO DE MAZORCAS POR PARCELA

Se contabilizó el número de mazorcas por parcela útil. El cual se efectuó al momento de la cosecha.

3.6.7. PESO DE 100 GRANOS AL 14% DE HUMEDAD (G)

Se determinó al momento de la cosecha, para lo cual se tomaron 100 granos al azar y se registró el peso con la ayuda de una balanza de precisión.

3.6.8. PESO DE GRANOS/MAZORCA AL 14% DE HUMEDAD (G)

Se realizó al momento de la cosecha, para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil y se registró el peso de granos de cada mazorca con la ayuda de una balanza de precisión.

3.6.9. PESO DE GRANOS POR PARCELA AL 14% DE HUMEDAD (KG)

Se tomaron cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil y se registró el peso de granos con la ayuda de una balanza de precisión.

3.6.10. RENDIMIENTO AL 14% DE HUMEDAD (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 fórmula:

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

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada

Para expresar el rendimiento en kg ha⁻¹ se utilizó la fórmula siguiente:

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

Dónde: **PU** = Peso uniformizado (kg)

3.6.11. VARIABLES DE USO EFICIENTE DE NUTRIENTES

La eficiencia será calculada de acuerdo a la metodología descrita por Fixen *et al.* (2015).

3.6.12. FACTOR PARCIAL DE PRODUCTIVIDAD (FPP_P) DEL P APLICADO

Que responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento se produce por cada kg de P aplicado?

FPP_P = kg de grano kg⁻¹ de P aplicado

FPP_P = RG_{+P}/FP

Donde:

RG_{+P} = rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

FP = cantidad de P aplicado (kg ha⁻¹)

3.6.13. EFICIENCIA AGRONÓMICA (EA_P) DEL P APLICADO:

Que responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se puede producir por cada kg de P aplicado en relación a una parcela de omisión de P?

EA_P = kg de incremento en grano por kg⁻¹ de P aplicado

EAP = [(RG_{+P} – RG_{0P})/FP]

Donde:

RG_{+P} = es el rendimiento en grano con aplicación de P

RG_{0P} = es el rendimiento en grano sin aplicación de P

FP = cantidad de P aplicado

3.7. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ADEVA) y la separación de medias con Tukey al 0.05 de probabilidades de error. Además, se realizó análisis combinado entre localidades. A continuación, se muestra el esquema ADEVA.

Tabla 2. Esquema del Análisis de Varianza.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
Tratamiento	6
Repeticiones	2
Error experimental	12
Total	20

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de la fertilización potásica. Para esto se estimaron los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estarán en función de la cantidad de potasio (kg ha^{-1}), número de aplicaciones, costo unitario del fertilizante ($\text{US\$ kg}^{-1}$) y costo de la mano de obra. En el Testigo, el costo que varía es cero ($\text{CqV}=0$). Con los datos de rendimiento (kg ha^{-1}) y precio unitario del maíz ($\text{US\$ qq}^{-1}$) se calcularon los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó el efecto de la aplicación de la fertilización potásica. Con los datos de costos e ingresos se calcularon los beneficios netos (Duicela y Ponce, 2015).

3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.9.1. FERTILIZACIÓN

La fertilización se la realizo en base a la demanda nutricional del cultivo y el reporte de análisis químico del suelo. A continuación, se detalla el plan de fertilización para cada tratamiento.

		Tratamiento MicroEssentials SZ													
Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha								g/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	SiO ₂	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo	
MicroEssential SZ	163	20	65			16									1600
Urea	370	170													
Korn Kali	450			180	27	23				1225					
Sulfato de NH ₄ ⁺	46	10				11									
		200	65	180	27	50	0	0	0	1225	1600	0	0	0	0

		Tratamiento Ecomaiz siembra													
Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha								g/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	SiO ₂	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo	
Ecomaiz	464	56	65	56	14	23	19	32	928	40	40				
Urea	274	126													
Korn Kali	310			124	7	6			310						
Sulfato de NH ₄ ⁺	88	18				21									
		200	65	180	21	50	19	32	1238	40	40	0	0	0	0

Tratamiento Fertimaiz siembra

Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha							g/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	SiO ₂	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo
Fertimaiz	382	84	65	50	8	11								
Urea	209	96												
Korn Kali	325			130	20	16			810					
Sulfato de NH ₄ ⁺	96	20				23								
		200	65	180	28	50	0	0	810	0	0	0	0	0

Tratamiento Yaramilla Complex

Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha							g/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	SiO ₂	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo
Yaramilla Complex	591	71	65	106	16				88	118	118	1182		
Urea	202	93												
Korn Kali	185			74	11	9			462					
Sulfato de NH ₄ ⁺	171	36				41								
		200	65	180	27	50	0	0	550	118	118	1182	0	0

Tratamiento 10-30-10

Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha							g/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	CaO	SiO ₂	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo
10-30-10	217	22	65	22										
Urea	330	152												
Korn Kali	395			158	24	20			986					
Sulfato de NH ₄ ⁺	125	26			30									
		200	65	180	54	20	0	0	986	0	0	0	0	0

3.10. PROTECCIÓN DEL CULTIVO

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. El control de malezas se realizó en pre-emergencia con la mezcla herbicida Terbutrina + Pendimetalin en dosis de 1,5 L ha⁻¹ + 2,5 L ha⁻¹ de cada herbicida. Además, debido a la presencia de malezas al momento de la siembra también se agregó a la mezcla anterior 1,5 L ha⁻¹ de glifosato. En pos-emergencia debido a la presencia de malezas de hojas anchas y ciperáceas, se aplicó la mezcla herbicida Bentazon + MCPA en dosis de 1,5 L ha⁻¹ de cada producto. Para malezas

de hoja angosta se aplicó en forma localizada el herbicida Nicosulfuron en dosis de 30 g ha⁻¹. Para gusano cogollero se aplicó el insecticida co-formulado a base de lambda-cihalotrina + thiametoxan en dosis de 1 cc L⁻¹ de agua.

3.10.1. APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE ARRANCADOR

El fertilizante de arranque se aplicó según la recomendación de Alcívar y López (2017) lo cual se realizó colocando el fertilizante dos pulgadas a un lado y dos pulgadas por debajo de la semilla (2x2). Estas distancias aseguran un adecuado acceso a los nutrientes y limitan el potencial de quemadura del fertilizante. En la figura 3 se muestra el esquema de colocación de los fertilizantes arrancadores.

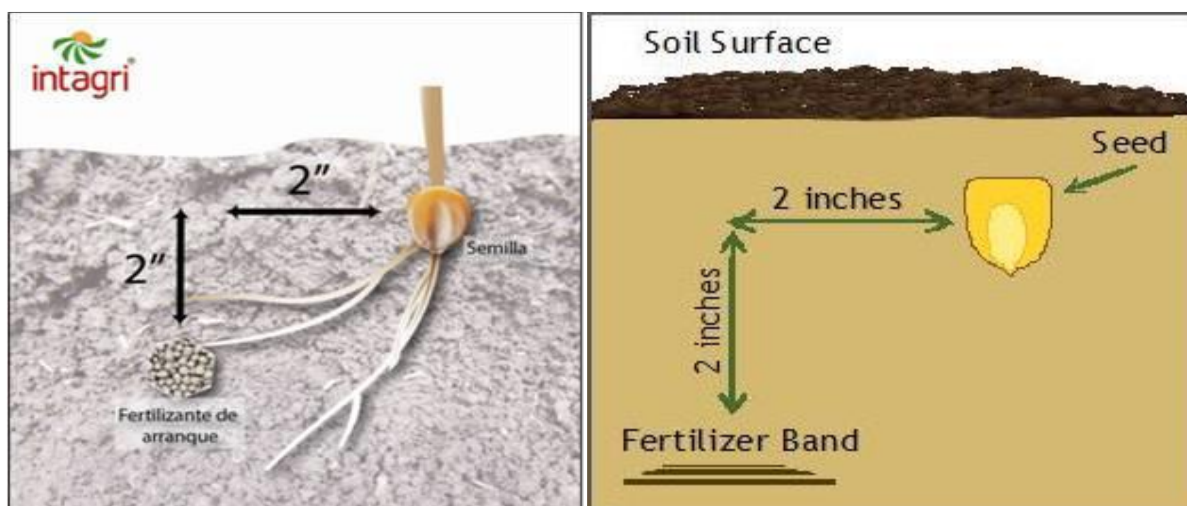


Figura 3. Esquema de la colocación de los fertilizantes arrancadores

CAPITULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza reportó diferencias significativas ($p < 0.01$) para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras de granos por mazorca y granos por hilera, en ambas localidades evaluadas, excepto en Casical donde las hileras de granos por mazorca no fueron afectadas estadísticamente ($p > 0.05$) por los tratamientos de fertilización (tabla 3). Los resultados muestran que, todos los fertilizantes fosfatados probados superaron estadísticamente al tratamiento control sin P, independientemente de la fuente de P utilizada o la forma de aplicación del fertilizante (tabla 3).

Tabla 3. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre componentes de rendimiento longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, hileras de granos por mazorca y granos por hilera, en dos localidades maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.

Casical				
Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Hileras de granos mazorca ⁻¹	Granos hilera ⁻¹
T ₁ : MESZ de fondo	17,80 a ^{1/}	47,56 a	15,60	39,53 a
T ₂ : Fertimaiz de fonfo	18,33 a	47,49 a	15,53	41,13 a
T ₃ : Ecomaiz de fondo	18,33 a	47,87 a	15,87	39,40 a
T ₄ : Yaramilla Complex de fondo	17,53 a	47,21 a	15,60	40,00 a
T ₅ : 10-30-10 de fondo	17,73 a	46,75 a	15,00	40,87 a
T ₆ : 10-30-10 en banda superficial	17,80 a	46,02 a	15,47	38,73 a
T ₇ : Testigo absoluto	14,40 b	41,71 b	14,67	31,00 b
C.V. %	4,47	1,87	4,83	4,21
p-valor	0,0006**	0,0001**	0,1811 ^{NS}	0,0001**
La pitahaya				
Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Hileras de granos mazorca ⁻¹	Granos hilera ⁻¹
T ₁ : MESZ de fondo	18,50 a	46,84 a	16,20 a	38,60 a
T ₂ : Fertimaiz de fonfo	17,07 a	46,15 a	16,00 a	38,47 a
T ₃ : Ecomaiz de fondo	17,43 a	46,80 a	16,13 a	39,60 a
T ₄ : Yaramilla Complex de fondo	17,47 a	46,77 a	15,60 a	39,20 a
T ₅ : 10-30-10 de fondo	17,27 a	46,29 a	16,13 a	38,47 a
T ₆ : 10-30-10 en banda superficial	18,00 a	45,70 a	15,20 a	39,27 a
T ₇ : Testigo absoluto	13,87 b	39,94 b	13,00 b	29,47 b
C.V. %	4,62	3,18	3,98	4,64
p-valor	0,0003**	0,0008**	0,0004**	0,0001**

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error; ** Significativo al 1% de probabilidades de error

El análisis de varianza aplicado a las variables peso de granos por mazorca y peso de 100 granos, fueron influenciados estadísticamente ($p < 0.05$) por los tratamientos de fertilización fosfórica en ambas zonas evaluadas, donde todos los fertilizantes superaron estadísticamente a la parcela con omisión de P (tabla 4). Los resultados evidencian la importancia del P en la ganancia de peso de los granos, independientemente de la forma en cómo se aplica el fertilizante al suelo y de la fuente de fósforo utilizada.

Tabla 4. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre componentes de rendimiento peso de granos por mazorca y peso de 100 granos, en dos localidades maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Localidades			
	Casical		La pitahaya	
	Peso de granos mazorca ⁻¹	Peso de 100 granos	Peso de granos mazorca ⁻¹	Peso de 100 granos
T ₁ : MESZ de fondo	202,15 a ^{1/}	32,50 a	192,12 a	32,73 a
T ₂ : Fertimaiz de fondo	196,45 a	32,37 a	171,39 a	30,20 a
T ₃ : Ecomaiz de fondo	209,15 a	34,83 a	193,43 a	32,83 a
T ₄ : Yaramilla Complex de fondo	195,71 a	32,67 a	177,18 a	30,87 a
T ₅ : 10-30-10 de fondo	181,36 a	33,67 a	174,62 a	29,70 a
T ₆ : 10-30-10 en banda superficial	194,77 a	32,27 a	169,67 a	29,90 a
T ₇ : Testigo absoluto	112,73 b	26,10 b	105,33 b	24,67 b
C.V. %	8,42	5,26	11,23	7,27
p-valor	0,0001**	0,0011**	0,0024**	0,0114*

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error; ** Significativo al 1% de probabilidades de error

El rendimiento de grano fue influenciado significativamente ($p < 0.05$) por la fertilización fosfórica probadas, en ambas localidades evaluadas, donde todos los tratamientos de fertilización a base de P superaron estadísticamente a la parcela con omisión de P (figuras 4 y 5). Los resultados denotan que el P es un nutriente importante para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro, independientemente de la forma de aplicación del fertilizante y de la fuente de P utilizada. La diferencia entre fuentes fosfatadas puede deberse a que en estas localidades el suelo posee contenidos medios y altos de P de acuerdo al análisis de suelo inicial relajado previo al experimento.

Para el caso de la zona de Casical (figura 4), el rendimiento obtenido fue 13.38, 13.46, 13.13, 13.54, 12.46 y 12.96 t ha⁻¹ de granos al 14% de humedad, con los fertilizantes MESZ de fondo, Fertimaíz de fondo, Ecomaíz de fondo, Yaramilla Complex de fondo,

10-30-10 de fondo y 10-30-10 en banda superficial, respectivamente, en relación al tratamiento con omisión de P que alcanzó 9.78 t ha^{-1} . Para el caso de la zona de la Pitahaya (figura 5), el rendimiento alcanzado fue 11.12, 11.87, 11.96, 11.04, 10.87 y 10.33 t ha^{-1} de granos al 14% de humedad, con los fertilizantes MESZ de fondo, Fertimaíz de fondo, Ecomaíz de fondo, Yaramilla Complex de fondo, 10-30-10 de fondo y 10-30-10 en banda superficial, respectivamente, en relación al tratamiento con omisión de P que alcanzó 9.06 t ha^{-1} .

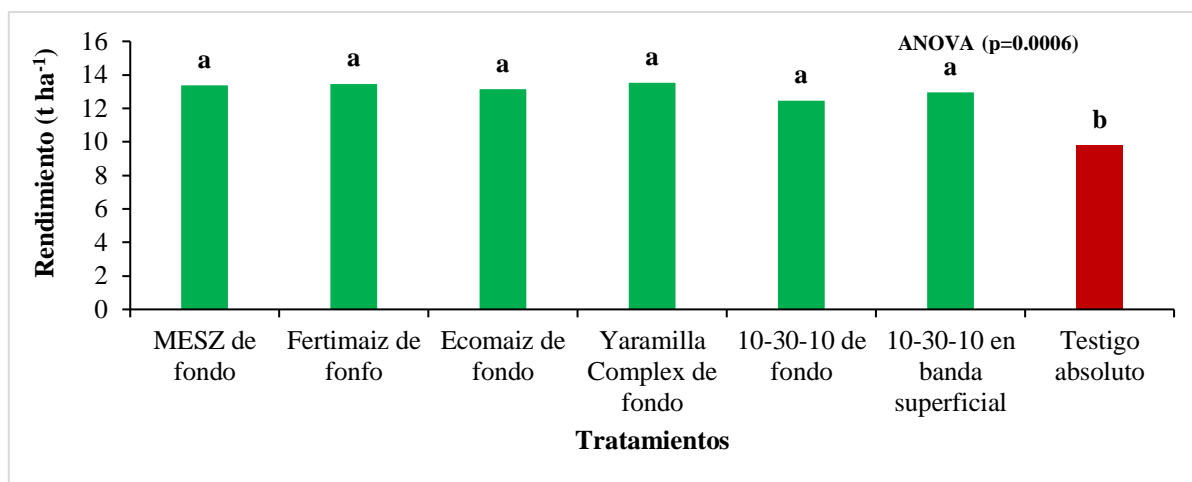


Figura 4. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento de maíz amarillo duro en la zona maicera de Casical del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.

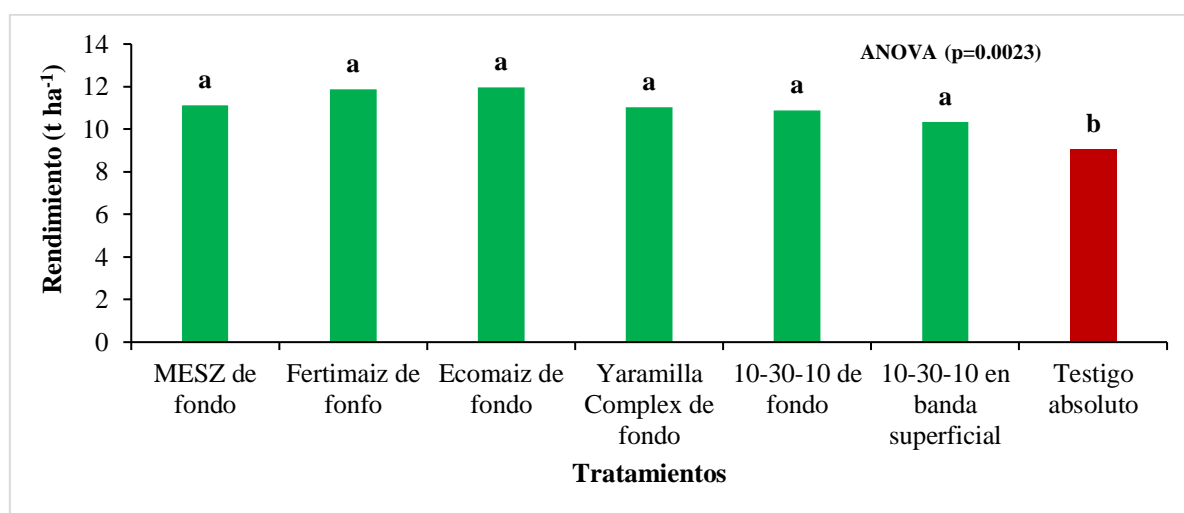


Figura 5. Influencia de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento de maíz amarillo duro en la zona maicera de La Pitahaya del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.

Los resultados encontrados indican que el cultivo de maíz responde a la fertilización fosfatada aún en suelos con altos niveles de este elemento. Esto coincide a lo representado por Gordon (2000) quien obtuvo incrementos de rendimiento en maíz y soya al aplicar fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla a base de P y K en suelos con altos contenidos de estos nutrientes. Los resultados también concuerdan a los encontrados por Randall y Jeff (2006), quienes reportaron incrementos de rendimiento en maíz al aplicar fósforo a la siembra del cultivo. Por su parte, Bermúdez y Mallarino (2002) obtuvieron altas respuestas de rendimiento en maíz cuando aplicaron los fertilizantes a lado de la semilla. A su mismo los resultados se relacionan a los obtenidos por Cromley (2006) quien logró respuestas significativas en el rendimiento del maíz con la aplicación de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla, independientemente del material genético cultivado. De forma similar a los obtenidos por Gordon y Pierzynski (2006) destacan que el maíz responde positivamente a la aplicación temprana de fertilizantes colocados a lado 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. Los datos también coinciden a los reportados por Hergert, Wortmann, Ferguson, Shapiro, Shaver, (2012), quienes alcanzaron mayores rendimientos con aplicación de varias fuentes fosfatadas en relación al testigo con omisión de P.

En cuanto a estudios realizados en Manabí, los resultados alcanzados en las zonas de Casical y La Pitahaya pertenecientes al cantón Tosagua, se asemejan a los encontrados por Alcívar y López (2017) quienes reportaron incrementos de rendimiento significativos con varias fuentes fosfatadas en relación al tratamiento control sin P, bajo condiciones del cantón Bolívar. De acuerdo a los rendimientos obtenidos la zona de Casical, el tratamiento que alcanzó el mayor incremento de rendimiento fue el Yaramilla Complex de fondo con 27.77 % en relación al rendimiento del tratamiento testigo sin P, mientras que para la zona de la Pitahaya el tratamiento que alcanzó el mayor incremento de rendimiento fue el Ecomaiz de fondo con 24.25% en relación a la parcela de omisión de P (tabla 5).

Tabla 5. Incremento del rendimiento de maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica, en relación al testigo con omisión de P. Tosagua, Manabí, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Localidades			
	Casical		Pitahaya	
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Incremento de rendimiento en relación al testigo (%)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Incremento de rendimiento en relación al testigo (%)
MESZ de fondo	13.38	26.91	11.12	18.53
Fertimaiz de fonfo	13.46	27.34	11.87	23.67
Ecomaiz de fondo	13.13	25.51	11.96	24.25
Yaramilla Complex de fondo	13.54	27.77	11.04	17.93
10-30-10 de fondo	12.46	21.51	10.87	16.65
10-30-10 en banda superficial	12.96	24.54	10.33	12.29
Testigo sin P	9.78	-----	9.06	-----

Probablemente los resultados logrados en el presente trabajo se deban a que la aplicación inicial de fosforo colocado a lado de la semilla ocasionó un mejor desarrollo inicial de las raíces y por ende el desarrollo más vigoroso de las plántulas que benefició un mayor rendimiento, aun así, 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.* (2018) exponen que cuando se limita la disponibilidad de P, en etapas tempranas del cultivo, pueden resultar en impedimentos de crecimiento de las cuales la planta nunca se recupera, aun cuando después se incrementa el suplemento de P a niveles adecuados. Según diferentes 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 necesarios para la expresión genética en términos de crecimiento y potencial productivo (Grant *et al.*, 2018 y Maathuis, 2009).

La figura 6, muestra que eficiencia agronómica del P (EAP) fue variable con las fuentes según las localidades evaluadas. Se evidencia que para el caso Casical, las fuentes MESZ, Fertimaiz y yaramilla complex aplicados de fondo alcanzaron la mayor EAP con 55, 57 y 58 kg de granos kg⁻¹ de P₂O₅ aplicados. A diferencia de Casical, en la zona de la Pitahaya las fuentes que alcanzaron mayor EAP fueron Fertimaiz y Ecomaiz aplicado de fondo, con 43 y 45 kg de granos kg⁻¹ de P₂O₅ aplicado (figura 6). Además, se puede apreciar que independientemente de las localidades evaluadas,

las fuentes MESZ, Yaramilla Complex, Fertimaiz y Ecomaiz aplicadas en fondo, mostraron mayor EAP, en relación al fertilizante clásico 10-30-10 utilizado por la mayoría de agricultores (figura 7).

Lo anterior puede deberse a que estas fuentes aportan micronutrientes que completan la fertilización del cultivo, a diferencia del 10-30-10 que solo aporta N, P y K.

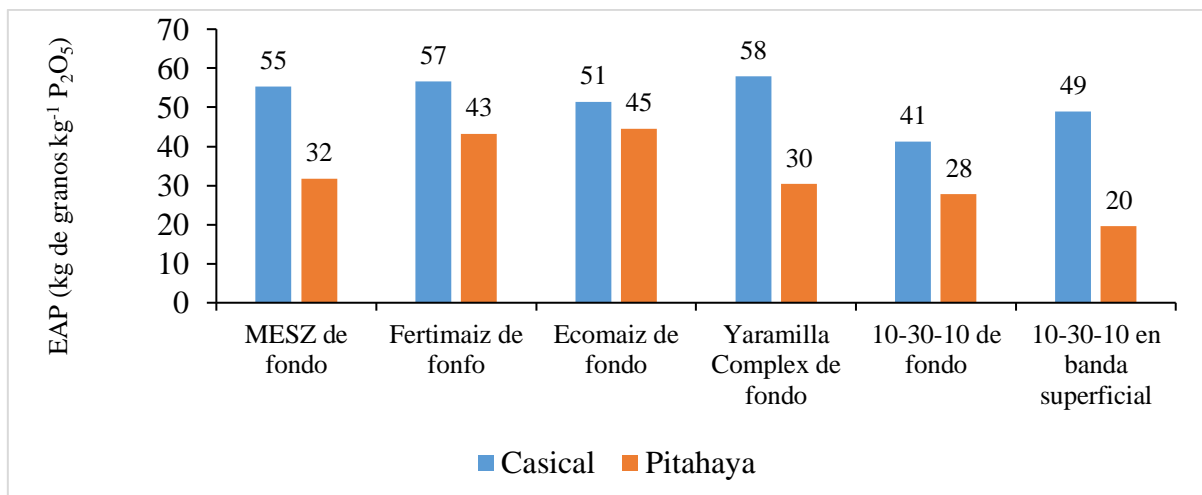


Figura 6. Eficiencia agronómica del P en maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica en dos zonas maiceras del cantón Tosagua, Manabí, Ecuador. 2019.

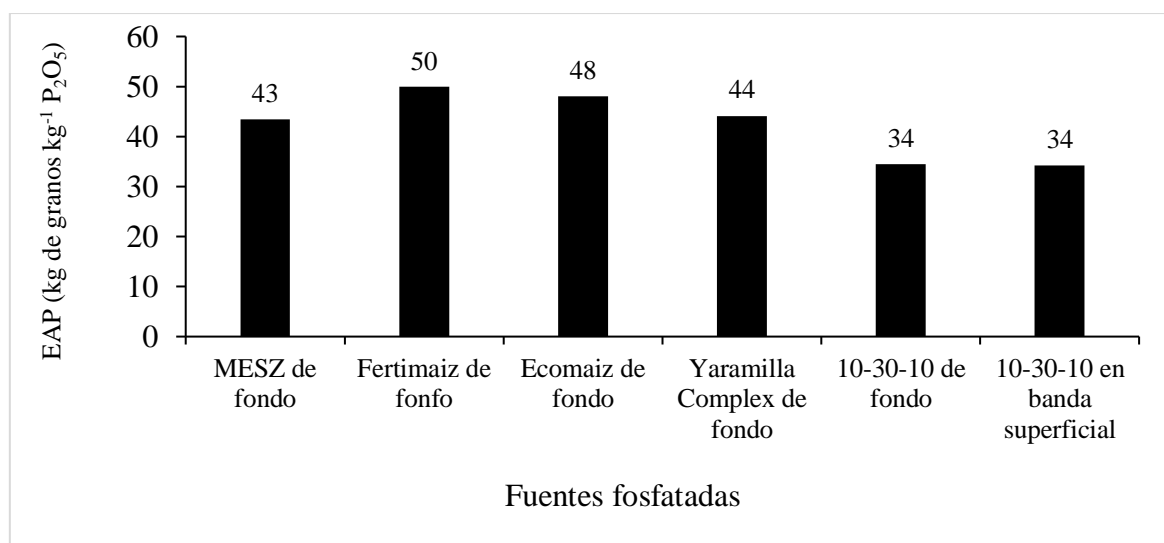


Figura 7. Eficiencia agronómica del P promedio en maíz amarillo duro con tratamientos de fertilización fosfórica en Tosagua, Manabí, Ecuador. 2019.

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 las fuentes fosfatadas MESZ y Fertimaiz, alcanzaron el mayor beneficio económico neto en la zona de Casical con 952 y 984 USD ha⁻¹, respectivamente. Lo anterior se debe a que estos

tratamientos mostraron mayores rendimientos inversamente proporcionales a los costos que varían (tabla 6).

Para la zona de la Pitahaya, 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 las fuentes fosfatadas Fertimaíz y Ecomaíz, alcanzaron el mayor beneficio económico neto con 698 y 668 USD ha⁻¹, respectivamente. Lo anterior se debe a que estos tratamientos mostraron mayores rendimientos inversamente proporcionales a los costos que varían (tabla 7).

Tabla 6. Análisis económico de fertilización fosfatada en Casical, Tosagua, Ecuador. 2019.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = P preparación de terreno, semillas, siembra, Control plagas y malezas, riego	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 - Cqv 10	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 (65000 plantas ha⁻¹)										
T1	1606.43	678	928.43	234.60	294.29	79.09	15	1186	4414	952
T2	1601.61	678	923.61	229.78	296.13	80.93	15	1214	4442	984
T3	1658.90	678	980.90	287.06	288.77	73.57	15	1104	4332	817
T4	1859.39	678	1181.39	487.56	297.97	82.77	15	1242	4469	754
T5	1597.76	678	919.76	225.92	274.05	58.86	15	883	4111	657
T6	1522.04	678	844.04	150.20	285.09	69.89	15	1048	4276	898
T7	1371.84	678	693.84	0	215.20	0.00	15	0	3228	0

T1 (MESZ aplicado a lado de la semilla), **T2** (FERT) aplicado a lado de la semilla), **T3** (ECO aplicado a lado de la semilla), **T4** (YARAMILA aplicado a lado de la semilla), **T5** (10-30-10 aplicado a lado de la semilla), **T6** (10-30-10 aplicado en banda superficial a la emergencia), **T7** (Parcela con omisión de P).

Tabla 7. Análisis económico de fertilización fosfatada en la Pitahaya, Tosagua, Ecuador. 2019.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = P preparación de terreno, semillas, siembra, Control	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 _v = Cqv n - Cqv 10	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 _v
Maíz amarillo duro (65000 plantas ha⁻¹)										
T1	1606.43	678	928.43	234	244.63	45.29	15	679	3669	445
T2	1601.61	678	923.61	229	261.18	61.84	15	928	3918	698
T3	1658.90	678	980.90	287	263.02	63.68	15	955	3945	668
T4	1859.39	678	1181.39	487	242.79	43.45	15	652	3642	164
T5	1597.76	678	919.76	225	239.11	39.77	15	597	3587	371
T6	1522.04	678	844.04	150	227.35	28.01	15	420	3410	270
T7	1371.84	678	693.84	0	199.34	0.00	15	0	2990	0

T1 (MESZ aplicado a lado de la semilla), **T2** (FERT) aplicado a lado de la semilla), **T3** (ECO aplicado a lado de la semilla), **T4** (YARAMILA aplicado a lado de la semilla), **T5** (10-30-10 aplicado a lado de la semilla), **T6** (10-30-10 aplicado en banda superficial a la emergencia), **T7** (Parcela con omisión de P).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fertilización fosfórica fue efectiva para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro en Tosagua, independientemente de las localidades, la forma de aplicación y las fuentes probadas.
- La eficiencia agronómica del P fue mayor con fuentes complejas en relación a fuentes clásicas con NPK.
- El mayor beneficio económico neto fue alcanzado con la fuente Fertimaíz aplicado de fondo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Replicar los ensayos en otras zonas productoras de maíz del cantón Tosagua, con la finalidad de ajustar datos y precisar dominios de recomendaciones.
- Se recomienda aplicar el fertilizante Fertimaíz de fondo, ya que se obtuvo la mayor producción y mayor beneficio económico neto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, D, & López, J. (2017). Efectividad de fertilizantes arrancadores fosfatados sobre la productividad del maíz amarillo duro en el valle del río carrizal. (Tesis de pregrado). ESPAM MFL, Calceta, Ecuador.
- ANDES, (2018, 27 de abril). Productores de maíz de Ecuador preocupados por precios y sequía en el Litoral. *La nación*. Recuperado de <https://www.andes.info.ec/es/>
- Beegle, D., y Roth, G. (20 de octubre de 2010). Starter fertilizer. *Cooperative Extension. College of Agricultural Sciences*. Recuperado de https://extension.psu.edu/sample/sample_id
- Bermúdez, M; Mallarino, A. 2002. Yield and Early Growth Responses to Starter Fertilizer in No-Till Corn Assessed with Precision Agriculture Technologies. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/>
- Betran, J. (25 de enero de 2017). Requerimientos nutricionales del maíz. *Boletín agrario.com*. Recuperado de <https://boletinagrario.com/f783,requerimientos-nutricionales-maiz.html>
- Bundy, L. (7 de abril de 2009). Evaluating Corn Starter Fertilizer Programs. *Department of Soil Science University of Wisconsin*. Recuperado de https://soils.wisc.edu/materials/Starter_Fert_Comp
- Cromely, J. 2006. NPKS Starters Improve Profitability On High-Testing Soils. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/starters>
- Cuevas, J. (28 de noviembre de 2016). Situación actual del maíz en el mundo. *El economista*. Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/>
- Duicela, L., y Ponce, L. (1 de diciembre de 2015.) Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) En la provincia de Manabí. *Dialnet*, (15), p 6–17.
- Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; García, F.; Norton, R. and Zingore, S. (2015). *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. Recuperado de <http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Books/PDF/>
- Garay, J; Colazo, J. (2015, 27 de marzo). El cultivo de maíz en san Luis. Inta. Recuperado de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/>
- García, J., y Espinoza, J. (2009, 15 de enero). Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*. Recuperado de <http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/>
- Gordon, B. 2000. Fluid Starters Bump Yields in High P and High K Soils. Department of Agronomy. Kansas State University. 2 p.
- Gordon, W; pierzynski, G. 2006. Corn Hybrid Response to Starter Fertilizer Combinations. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication>

- Grant, C., Flaten, D. J., Tomasiewicz, D. J., y Sheppard, S. C. (2001). Importancia de la nutrición temprana con fósforo. *Revista Agronómicas*. Recuperado de <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/fosforo>
- Grant, D., Barbieri, P., Echeverría, H., y Saíenz, R. (2018). Métodos de colocación de fósforo en trigo y maíz bajo siembra directa. *Inta*. Recuperado de <http://ria.inta.gov.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/>
- Hergert, G. W.; Wortmann, C. S.; Ferguson, R. B.; Shapiro, C. A.; Shaver, T. M. 2012. Using Starter Fertilizers for Corn, Grain Sorghum, and Soybeans. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska. 3 p. recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/starters-fertilizantes-arrancadores>
- 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/>
- INTAGRI. (2007). STARTERS Fertilizantes Arrancadores. (En línea). MX. Consultado, 25 de may. 2018. Formato DOC. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/starters-fertilizantes-arrancadores>
- Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J., y Wittmer, C. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. (66), 1– 92
- Maathuis, F. 2009. Green Fertilization Enhances the Photosynthetic Performance and the Growth of Leguminous Trees for Restoration Plantation in Central Amazon. *Scientific research*. Recuperado de <https://www.scirp.org/>
- 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>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (30 de septiembre 2015). Datos sobre alimentación y agricultura. *Faostat*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Quiroz, D; Merchán, M. (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (Sea maíz L.) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador. Páginas 126.
- Randall, G.; Jeff, V. 2006. Starters Bump Corn Yields 17 bu/A Versus No-Starter Controls. University of Minnesota. 3p.
- Ruiz, D. (2014, 9 de noviembre). Starters Fertilizantes Arrancadores. *Intagri*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/starters-fertilizantes-arrancadores>

- Sinagap. 2015. El cultivo de maíz. (En línea). EC. Consultado, 25 de may. 2018. Formato PDF. Disponible en http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimientos%20de_maiz_duro_seco_verano2016.pdf
- 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.
- Valdez, T; Soto, L; Osuna, T; Báez, M. 2012. La Fenología del Maíz y su Relación con la Incidencia de Plagas. INTAGRI S.C. Formato PDF. (En línea). Consultado el 3 de Jul del 2018. Disponible en: disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-fenologia-del-maiz-y-su-relacion-con-la-incidencia-de-plagasq>
- 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. Balizado del terreno



Foto 3. Peso de las fuentes utilizadas



Foto 4. Siembra del cultivo



Foto 5. Fertilización del cultivo



Foto 6. Fertilización del cultivo



Foto 7. Cosecha del cultivo



Foto 8. Toma de datos



Foto 9. Variable longitud de mazorca



Foto 10. Variable diámetro de mazorca



Foto 11. Variable peso de 100 granos



Foto 12. Variable granos por mazorca

