

# **EFFECTIVIDAD DE FERTILIZANTES FOSFATADOS APLICADOS COMO ARRANCADORES SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAÍZ AMARILLO DURO**

Frowen Cedeño Sacón<sup>1\*</sup>, Galo Cedeño García<sup>1</sup>, Jairo Cedeño Dueñas<sup>1</sup>, Gonzalo Constante Tubay<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [angelced24@hotmail.com](mailto:angelced24@hotmail.com)

## **RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue probar la efectividad de fertilizantes fosfatados aplicados como arrancadores sobre la productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro. La investigación se desarrolló durante la época seca del 2017 en el valle del río carrizal. El experimento se estableció con un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos, tres replicas y 21 unidades experimentales. Las fuentes fosfatadas probadas fueron fosfato di amónico (DAP), fosfato mono amónico (MAP), MicroEssential SZ (MESZ), 15-15-15 y 10-30-10 que fueron colocados como arrancadores a 2" debajo y a lado de la semilla. Además, se incluyeron un testigo convencional donde se colocó el fertilizante fosfatado superficialmente en banda y una parcela con omisión de fósforo. En todos los tratamientos de fertilización, el fosforo fue aplicado al momento de la emergencia del cultivo. Las principales variables evaluadas fue el rendimiento ( $\text{qq ha}^{-1}$ ) y el beneficio económico neto. El fertilizante MESZ colocado como arrancador a lado y debajo de la semilla obtuvo el mayor rendimiento con  $256 \text{ qq ha}^{-1}$ , en contraste a los demás fertilizantes fosfatados y a los tratamientos testigo convencional con  $220 \text{ qq ha}^{-1}$  y con omisión de P con  $132 \text{ qq ha}^{-1}$ . De manera similar, el fertilizante fosfatado MESZ colocado como arrancador, obtuvo el mayor beneficio neto con  $1620 \text{ USD ha}^{-1}$ , puesto que mostró el mayor incremento de rendimiento y menor incremento de los costos que varían en relación a los demás fuentes fosfatadas evaluadas como arrancadores y tratamientos testigos.

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

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es considerado uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial junto con el trigo y el arroz. Se estima que el 90% de la producción mundial corresponde a maíz amarillo duro y el 10% restante a maíz blanco (FENALCE, 2010). Se pronostica que para el año 2020 el maíz superará al trigo y arroz, para posesionarse como el principal cultivo a escala mundial. Teóricamente, como planta C<sub>4</sub>, el maíz tiene un mayor potencial de rendimiento que el trigo y el arroz (Jones, 2009). Por lo tanto, el rendimiento de grano por unidad de superficie podría incrementarse en los países en desarrollo, razón por la que jugará en el futuro un papel importante en la producción de granos (Ort y Long, 2014; Gong *et al.*, 2015).

El problema principal del maíz en Ecuador es la baja productividad, con rendimiento promedio de 4,03 t ha<sup>-1</sup> en referencia a países productores de América como EEUU, Argentina y Brasil que alcanzan rendimientos promedios de 10,7; 6,6 y 5,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (FAO 2015). En el caso de Manabí, las cifras reportan un rendimiento promedio de 3,0 t ha<sup>-1</sup>, en relación a las provincias de Los Ríos y Guayas con rendimientos promedios de 4,87 y 4,75 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (MAGAP, 2016). El bajo rendimiento del maíz en Manabí se debe en parte, a que la mayor superficie se cultiva 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 adecuada de sistemas de riego (INIAP, 2004; Jiménez *et al.*, 2012; Thielen *et al.*, 2016).

Lo anterior, 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 requeridas 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 de menor movilidad en el suelo, por lo que 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 desde el inicio del cultivo, 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 como arrancadores puede ser una opción para el manejo de fertilizantes fosfatados en sistemas de cultivo de maíz bajo secano (Wortmann *et al.*, 2006). Sin embargo, a pesar 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 abordada completamente. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue probar la efectividad de fertilizantes fosfatados aplicados como arrancadores sobre la productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

La investigación se desarrolló durante la época seca del 2017 en los predios de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.

### Tratamientos

Las fuentes fosfatadas probadas fueron fosfato diamónico-DAP (18% N – 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), fosfato monoamónico-MAP (12% N – 48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), MicroEssential SZ - MESZ (12% N – 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10% S – 1% Zn), compuesto 15-15-15 (15% N – 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 15% K<sub>2</sub>O) y compuesto 10-30-10 (10% N – 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10% K<sub>2</sub>O) que fueron colocados como arrancadores a 5 cm (2") debajo y a lado de la semilla (**figura 1**). Estas distancias aseguran un adecuado acceso a los nutrientes y limitan el potencial de quemadura del fertilizante Gordon (2009). Además, se incluyeron un tratamiento testigo con aplicación del fertilizante fosfatado colocado superficialmente en banda (**figura 2**) y un tratamiento control con omisión de fósforo.

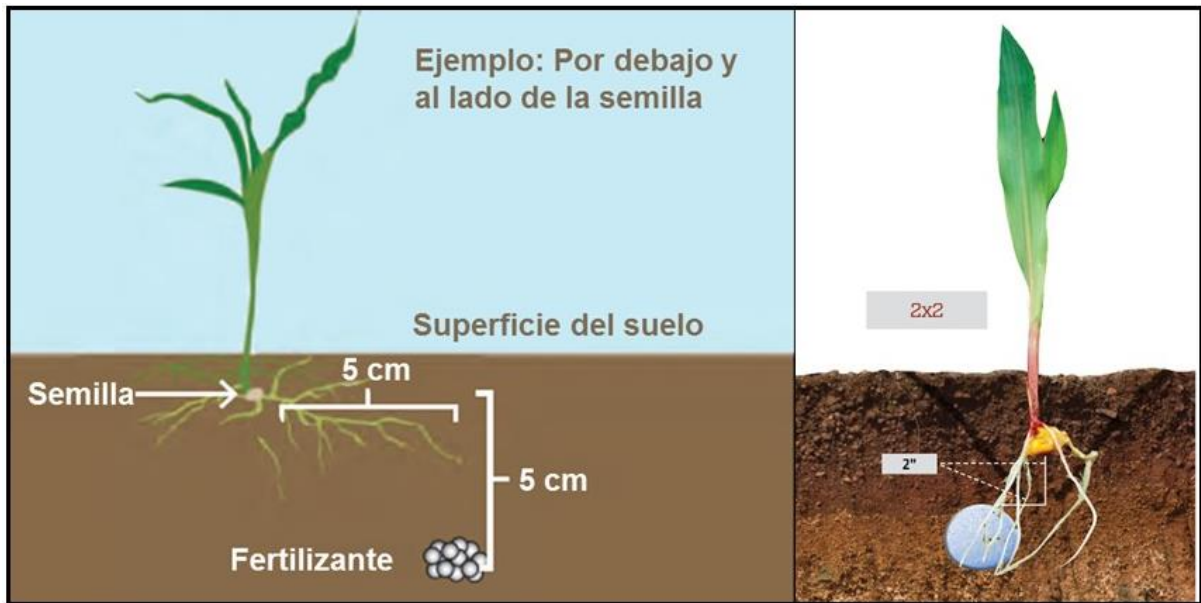
### Diseño experimental y análisis de datos

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos, tres réplicas y 21 unidades experimentales. El análisis de datos se hizo a través del análisis de varianza y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

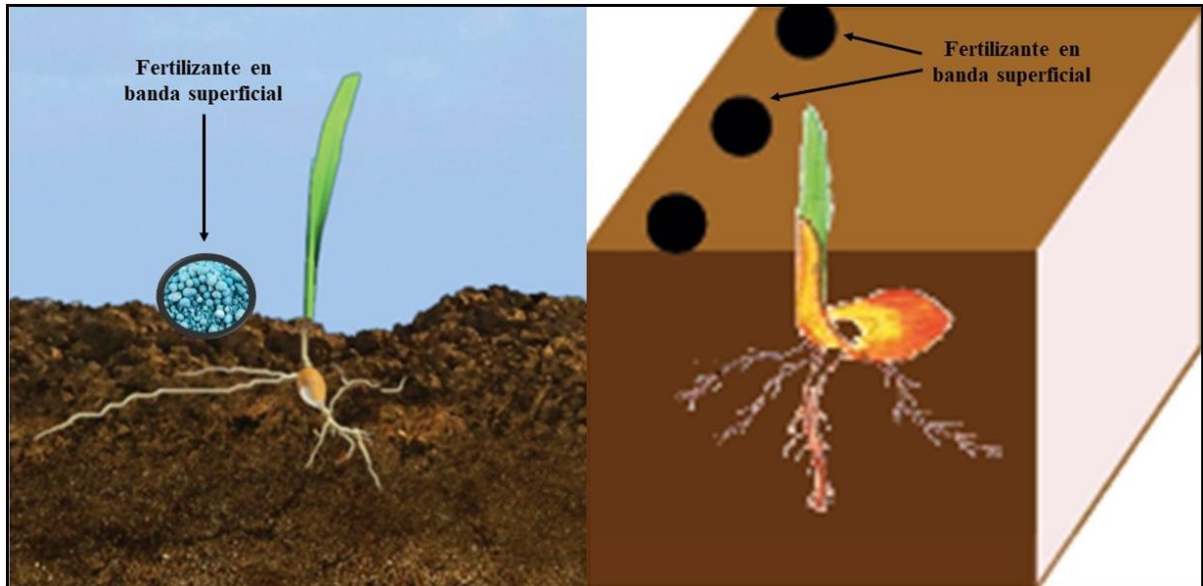
### Unidad experimental

La unidad experimental se conformó de parcelas de 16 m<sup>2</sup> 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<sup>-1</sup> con espaciamientos de 0.20 m entre plantas.



**Figura 1.** Esquema de la aplicación de fertilizante arrancador por debajo y al lado de la semilla.



**Figura 2.** Esquema de la aplicación de fertilizantes en banda superficial.

### Variables respuesta

Se registraron variables relacionadas al componente de rendimiento como masa de 100 granos (g), peso de granos por parcela (kg) y rendimiento por hectárea (kg ha<sup>-1</sup>). El rendimiento se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 14% de humedad y transformados a kg ha<sup>-1</sup>. 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:

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

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

### **Análisis económico**

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto, para lo cual se utilizaron los costos que varían y sus incrementos en relación al testigo por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función de la cantidad de los fertilizantes ( $kg\ ha^{-1}$ ), número de aplicaciones, costo unitario de los fertilizantes (US\$  $kg^{-1}$ ) y costo de la mano de obra. En el Testigo, el costo que varía es cero. Con los datos de incremento del rendimiento ( $qq\ ha^{-1}$ ) en relación al testigo y precio unitario del maíz (US\$  $qq^{-1}$ ) se calcularán los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los incrementos del rendimiento en relación al testigo se estimó el efecto de la aplicación de los fertilizantes. Con los datos de incrementos de los costos que varían e ingresos en relación al testigo se calcularon los beneficios netos.

### **Fertilización**

La fertilización se realizó en base a los resultados del análisis de suelo y demanda del cultivo. Los resultados del análisis de suelo reportaron 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 48%  $P_2O_5$ ), 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  $\text{NH}_4^+$  se realizó en tres fracciones, la primera en la etapa fenológica  $V_1$ , la segunda en  $V_6$  y la tercera en  $V_{10}$ , esto según lo recomendado por García y Espinoza (2009). Los fertilizantes fosfatados se aplicaron en su totalidad al momento de la siembra a lado y debajo de la semilla como arrancador, 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  $V_1$  y la segunda en  $V_6$ .

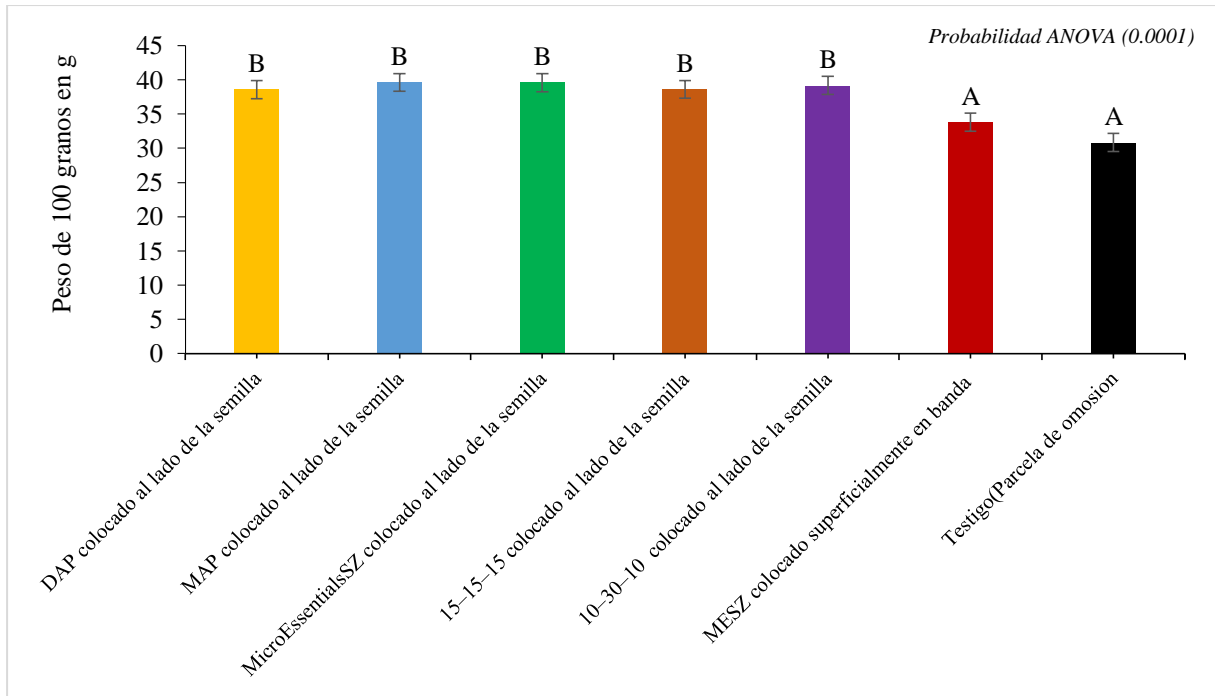
### **Manejo específico del experimento**

El material de siembra fue un híbrido simple experimental que presenta un potencial de rendimiento para el trópico de Ecuador mayor a  $200 \text{ qq ha}^{-1}$ . Las semillas fueron protegidas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de  $3 \text{ cc kg}^{-1}$  de semillas + Thiodicar en dosis de  $15 \text{ cc kg}^{-1}$  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  $1,5 \text{ L ha}^{-1} + 2,5 \text{ L ha}^{-1}$  de cada herbicida. Además, debido a la presencia de malezas al momento de la siembra también se agregó a la mezcla anterior  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  de glifosato. En pos-emergencia se observó la presencia de malezas de hojas anchas y ciperáceas, por lo cual se aplicó la mezcla herbicida Bentazon + MCPA en dosis de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  de cada producto. También se presenciaron de forma aislada algunas malezas de hoja angosta por lo que se recurrió a la aplicación localizada del herbicida Nicosulfuron en dosis de  $30 \text{ g ha}^{-1}$ . A los 30 días después de la siembra se aplicó un insecticida co-formulado a base de lambda-cihalotrina + thiametoxan en dosis de  $1 \text{ cc L}^{-1}$  de agua, para el control del gusano cogollero. El riego se realizó con frecuencia semanal mediante sistema presurizado de aspersion.

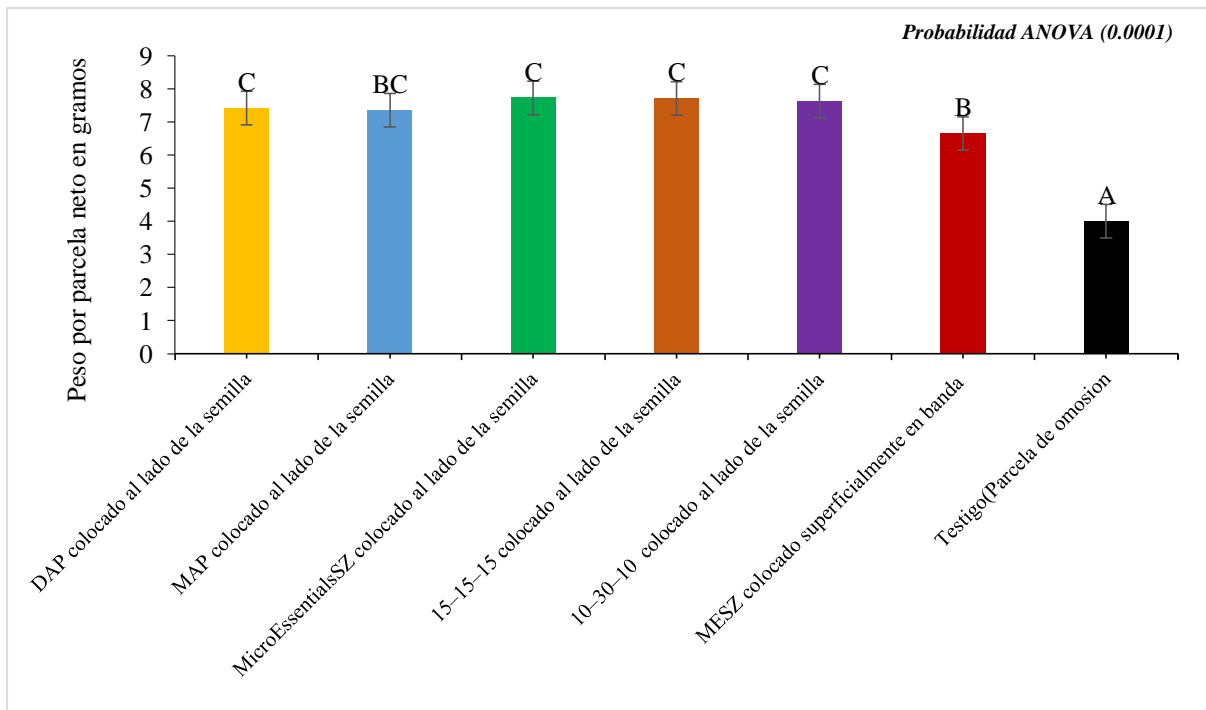
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El peso de 100 granos fue afectado significativamente por los tratamientos evaluados ( $p < 0.05$ ). El gráfico 1 muestra que de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey, la colocación de fertilizantes fosfatados a lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador, superaron estadísticamente al tratamiento donde se aplicó el fósforo en banda superficial y al testigo absoluto (parcela con omisión de P). Situación similar se registró para la variable peso de granos por parcela, donde el ANOVA mostro diferencias estadísticas

significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, lo cual refleja que los tratamientos evaluados influenciaron esta variable. El gráfico 2, muestra que los tratamientos a base de fosforo colocado a lado y debajo de la semilla independientemente de la fuente fosfatada superaron estadísticamente a la fertilización en banda superficial y al tratamiento control con omisión de fosforo.



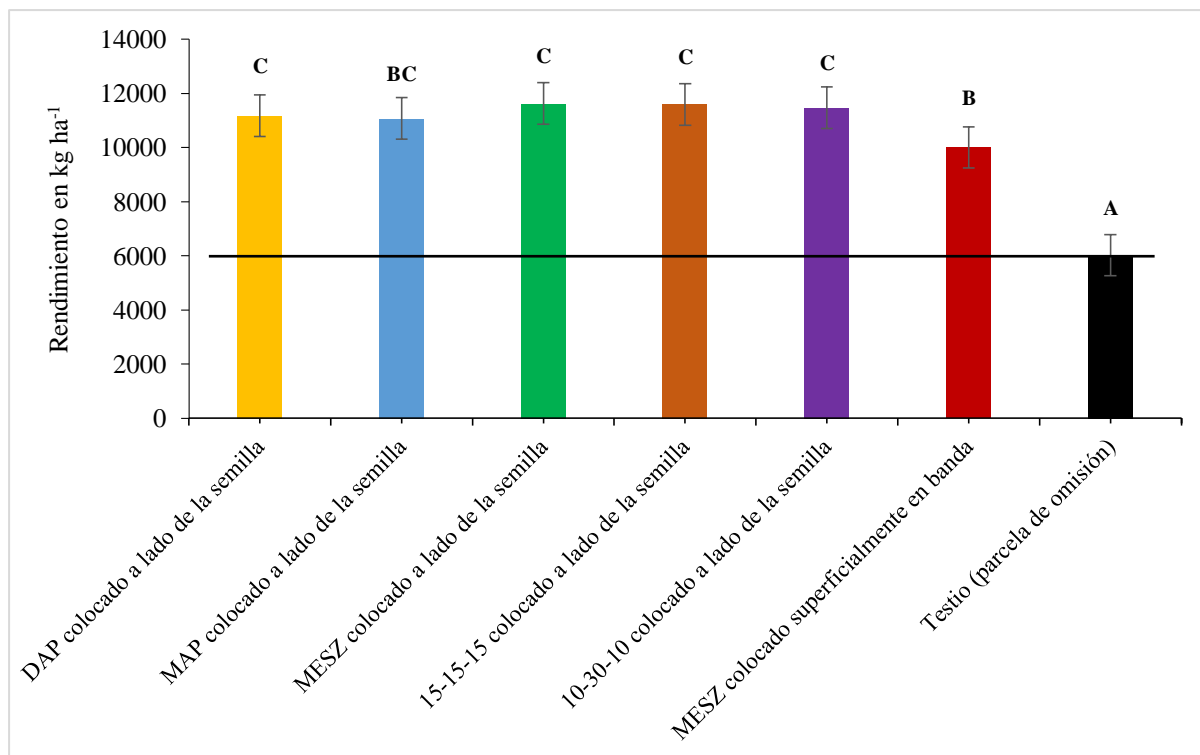
**Grafico 1.** Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso de 100 granos. Cada barra representa la media de tres repeticiones ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes en cada barra representan separación de medias significativas de acuerdo al test de Tukey $_{0.05}$ .



**Grafico 2.** Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado de la semilla como arrancadores (starters) sobre el peso por parcela. 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<sub>0.05</sub>.

El rendimiento también fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados, lo cual evidencia un efecto positivo de la fertilización a base de fósforo sobre esta variable. El grafico 3, muestra que los tratamientos a base de fósforo colocado al lado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador, fueron superiores estadísticamente al tratamiento de aplicación de fósforo en banda superficial y al tratamiento con omisión de P, sin embargo, este último fue superado por la aplicación de fósforo en banda.





**Grafico 3.** Efecto de fertilizantes fosfatados colocados a lado y debajo de la semilla como arrancadores 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<sub>0.05</sub>.

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 la **tabla 1**, se muestra que los fertilizantes fosfatados colocados a lado y debajo de la semilla mostraron incrementos del 40 al 48 % en relación al testigo con omisión de P. Así mismo, se aprecia un incremento de rendimiento del 10 al 14 % en los tratamientos donde se colocó el P a la dado y debajo de la semilla como fertilizante arrancador, en contraste al tratamiento donde colocó el fósforo en banda superficial.

**Tabla 1.** Incremento de rendimiento en tratamientos con fertilización fosfatada de arranque en relación al testigo con omisión de P y al testigo convencional con aplicación de P en banda superficial. Calceta, Ecuador, 2018.

Tratamientos	Rendimiento en t ha <sup>-1</sup>	Rendimiento en qq ha <sup>-1</sup>	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 fósforo 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. Asimismo 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 efectos encontrados en el presente trabajo se deban a que la aplicación temprana de fósforo colocado a lado y debajo de la semilla promovió un mejor desarrollo inicial del sistema radical y por ende un desarrollo más vigoroso de las plántulas, que favoreció 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 incrementa el suplemento de P a niveles adecuados. Según varios autores la importancia de la aplicación temprana de fósforo 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 fosforados 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).

Por otra parte, los resultados evidencian que entre las fuentes fosforadas evaluadas como arrancadores, el MESZ (12% N, 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10% S, 1% Zn), 15-15-15 y 10-30-10 mostraron los mayores rendimientos (**Cuadro 4.1**), lo cual se puede deber a que estas fuentes proporcionaron elementos como N, K y S. Esto coincide con 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 MESZ obtuvo el mejor beneficio neto con 1620 USD ha<sup>-1</sup>, dado que alcanzó el mayor incremento de rendimiento (124 qq ha<sup>-1</sup>) y menor incremento de los costos que varían (228 USD ha<sup>-1</sup>) en relación a los demás tratamientos evaluados (**tabla 2**). El testigo convencional (T6) a base del fertilizante MESZ colocado en banda superficial a la emergencia del cultivo, mostró el menor incremento de los costos que varían (192 USD ha<sup>-1</sup>) en relación a los demás tratamientos; sin embargo, también mostró el menor beneficio neto (1119 USD ha<sup>-1</sup>). Queda claro que bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento, el fertilizante MESZ a base de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 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.

**Tabla 2.** 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 <sup>-1</sup> ). Cqv = costo de fertilizantes, fertilización y desgrane y transporte	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ): IcqV = Cqv Tratamientos - Cqv Testigo	Rendimiento (qq ha <sup>-1</sup> ). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha <sup>-1</sup> ). IR = RTn - RT4	Precio unitario de venta (US \$ qq <sup>-1</sup> ): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha <sup>-1</sup> ). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización fosfatada de arranque (US \$ ha <sup>-1</sup> ). BNT n = Iing - IcqV
<b>Maíz amarillo duro (70.000 plantas ha<sup>-1</sup>)</b>										
<b>T1</b>	1874	1042	832	<b>281</b>	246	<b>114</b>	14,9	1699	3665	<b>1418</b>
<b>T2</b>	1872	1042	830	<b>279</b>	244	<b>112</b>	14,9	1669	3636	<b>1390</b>
<b>T3</b>	1821	1042	779	<b>228</b>	256	<b>124</b>	14,9	1848	3814	<b>1620</b>
<b>T4</b>	1975	1042	933	<b>382</b>	254	<b>122</b>	14,9	1818	3785	<b>1436</b>
<b>T5</b>	1906	1042	864	<b>313</b>	252	<b>120</b>	14,9	1788	3755	<b>1475</b>
<b>T6</b>	1701	1042	743	<b>192</b>	220	<b>88</b>	14,9	1311	3278	<b>1119</b>
<b>T7</b>	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).

## 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 para incrementar los rendimientos y beneficios económicos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Roth, G.; Beegle, D. and Antle, M. 2003. Evaluation of Starter Fertilizers for Corn on Soils Testing High for Phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 1381-1392.
2. Shannon, O. 2005. Enhancing Corn Production Through the Use of Starter Fertilizer in the Northern Great Plains. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 2421–2429.
3. Grant, C.; Flaten, D.; Tomasiewicz, D. y Sheppard, S. 2001. Importancia de la nutrición temprana con fósforo. *Informaciones Agronómicas* 44: 1 – 5.
4. Maathuis, F. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* 12:250–258.
5. Plaxton, W. and Tran, H. 2011. Metabolic Adaptations of Phosphate-Starved Plants. *Plant Physiol.* 156: 1006 – 1015.
6. Bundy, L. 2013. Evaluating Corn Starter Fertilizer Programs. Department of Soil Science. University of Wisconsin. 21 p.
7. FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas). 2010. El cultivo de maíz, historia e importancia. Bogotá, Colombia. *Revista El Cerealista* 93: 10 – 19.
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Dirección de estadística FAOSTAT. Consultado en línea (marzo 9 del 2016). Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>
9. Gordon, W. 2009. Starter fertilizer Application Method and Composition in Reduced-Tillage Corn Production. *Better Crops* 93(2): 10 – 11.
10. García, J. y Espinoza, J. 2009. Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas* 72: 1 – 5.
11. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECURIAS). 2004. Proyecto: 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. Informe técnico final. 54 p.
12. Jiménez, S.; Castro, L.; Yépez, J. y Wittmer, C. 2012. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. *Avances de Investigación* 66: 1 – 92.
13. Lara, W. y Yamada, T. 1999. Urea aplicada en la superficie del suelo: un pésimo negocio. *Informaciones Agronómicas* 37: 10 – 12.

14. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2016. SINAGAP, Superficie, producción y rendimiento, maíz duro seco. Consultado en línea (marzo 9 del 2016). Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/maiz-duro-seco>
15. Murrell, T. 2003. Transformaciones de los nutrientes en el suelo. *Informaciones Agronómicas* 49: 1 – 5.
16. Snyder, C. y Stalon, N. 2003. Efecto de la inundación y secado del suelo en las reacciones del fósforo. *Informaciones Agronómicas* 51: 5 – 7.
17. 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.
18. Gordon, W. 2000. Fluid Starters Bump Yields in High P And High K Soils. *Fluid Journal* 2000: 1 – 2.
19. Randall, G. and Vetsch, J. 2006. Starters Bump Corn Yields 17 bu/A Versus No-Starter Controls. *Fluid Journal* 2006: 1 – 3.
20. Endres, G.; Franzen, D.; Kandel, H.; Ostlie, M. and Schatz, B. 2017. Corn Response to Phosphorus Starter Fertilizer. *NDSU Extension Service A1851*: 1 – 4.
21. Randall, G.; Vetsch, J. and Murrell, T. 2001. Corn Response to Phosphorus Placement under Various Tillage Practices. *Better Crops* 85(3): 12 – 15.
22. Bermudez, M. and Mallarino, A. 2002. Yield and Early Growth Responses to Starter Fertilizer in No-Till Corn Assessed with Precision Agriculture Technologies. *Agronomy Journal* 94(5): 1024-1033.
23. Cromley, S.; Wiebold, W.; Scharf, P. and Conley, S. 2006. Hybrid and planting date effects on corn response to starter fertilizer. *Crop Management* 1-5.
24. Gordon, W. and Pierzynski, G. 2006. Corn Hybrid Response to Starter Fertilizer Combinations, *Journal of Plant Nutrition* 29(7): 1287-1299.
25. Wortmann, C.; Xerindab, S. and Mamo, M. 2006. No-Till Row Crop Response to Starter Fertilizer in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal Abstract* 98(1): 187-193.
26. Saaka, B.; Polito, T. and Killorn, R. 1999. No-Tillage Corn Hybrids Response to Starter Fertilizer. *Journal of Production Agriculture* 12(4): 676-680.
27. Ort, D. and Long, S. 2014. Limits on yields in the Corn Belt. *Science* 344: 484 – 485.
28. Jones, T. 2009. “Maize tissue culture and transformation: the first 20 years”, Chapter 2: in *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Eds A.L. Krizand and B.A. Larkins (Heidelberg: Springer). pp 7–27.

29. Gong, F.; Wu, X.; Zhang, H.; Chen, Y. and Wang, W. 2015. Making better maize plants for sustainable grain production in a changing climate. *Frontiers in Plant Science* 6(835): 1 – 6.