

Efecto de 5 tecnologías de fertilización en el rendimiento del cultivo de maíz bajo la condición de secano

Saldarriaga-Lucas, Veris¹; Vera-Montenegro, Lenin^{2 3}

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de 5 tecnologías de fertilización en el cultivo de maíz en condiciones de secano. Los tratamientos fueron T1) fertilización NPK, T2) fertilización NPK + coctel biorregulador, T3) fertilización NPK + coctel biorregulador + Enmienda orgánica al suelo, T4) fertilización completa + coctel biorregulador + Enmienda orgánica al suelo, y T5) Testigo (Sin fertilizante), con 4 repeticiones, dos híbridos de uso potencial en la zona (Emblema y Advanta 9139), y dos localidades zona (alta y baja). El experimento se realizó en la Ciudad de Innovación Investigación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA), con una duración del trabajo 150 días, empleando Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA), el análisis estadístico se lo realizó con el ANOVA, con la prueba de Tukey 95% de confianza, los análisis se realizaron con el Paquete estadístico InfoStaf. La principal variable evaluada fue el rendimiento en $t\ ha^{-1}$. La nutrición completa conjuntamente con la adición de enmienda orgánica al suelo y el coctel de biorregulador, mostró efectos significativos ($p \leq 0,05$) sobre el rendimiento, alcanzando en promedio $12,11\ t\ ha^{-1}$ superior al testigo con apenas $9,19\ t\ ha^{-1}$ lo que representa un 32% de incremento de productividad. Los resultados muestran que el manejo integral del cultivo permite incrementar los rendimientos frente a prácticas convencionales en el cultivo de maíz, además, la elección de materiales de siembra con alto potencial productivo es indispensable para la maximización de los ingresos. Cabe añadir que los datos sustentaron un proyecto de productividad de maíz a nivel provincial.

Palabras claves: tecnologías de fertilización, Incrementar los rendimientos, prácticas convencionales.

Introducción

El maíz es uno de los cultivos básicos importante y extendido a nivel mundial sobre todo en América y Asia (Sánchez Ortega & Pérez-Urria Carril, 2014), en el Ecuador el cultivo de maíz amarillo se encuentra dentro de los principales productos agrícolas, debido a su gran importancia en las principales cadenas productivas la cual contribuye significativamente a salvaguardar la seguridad alimentaria sirviendo de suministro de alimentos a otros sectores productivos (Baca, 2016).

La superficie de cosecha de maíz duro es 278.01 mil ha, con mayor participación en la producción las provincias de Los Ríos y Manabí (MAG, 2019a). El rendimiento estandarizado de maíz amarillo duro a 13% de humedad y 1% de impureza a nivel nacional 6,56 t ha⁻¹, que representó un incremento en 13% con respecto al año 2018, además cabe indicar que los rendimientos de Manabí sigue por debajo de la media nacional 5,49 t ha⁻¹. Los principales problemas por el cual el maíz reporta baja productividad son el manejo inadecuado de materiales genéticos, empleo insuficiente de los requerimientos nutricional del cultivo y las pérdidas por plagas y enfermedades (MAG, 2019b).

El sector maicero Ecuatoriano en vista de los problemas identificados tiene como retos en los años siguientes: inequidad en el acceso, distribución y gestión del riego; insuficiencia de recursos económicos asignados a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación; limitado desarrollo de los mercados de productos insumos y servicios para la producción agropecuaria (Caviedes Cepeda, 2019). Antes este escenario investigadores han desarrollado trabajos investigativos en el desarrollo tecnológico e innovación agropecuario (Cedeño Sacón et al., 2018; López, 2018; Merchán, 2020; Vera Rodríguez et al., 2020), siendo la investigación y vinculación con vías de seguridad alimentaria considerar que las intervenciones agrícolas eficaces logran reducir la inseguridad alimentaria, siendo los avances tecnológicos que proporcionan herramientas y recursos para hacer la agricultura más sostenible (Madsen, 2021).

En consideración a lo expuesto se planteó como objetivo del trabajo: determinar el efecto de 5 tecnologías de fertilización en el rendimiento del cultivo de maíz en condiciones de secano.

Materiales y métodos

El desarrollo del trabajo conjunto con el Gobierno provincial de Manabí se realizó en la Ciudad de Investigación Innovación y Desarrollo Agropecuario “CIIDEA”, situada a situada a 00°49'48" latitud Sur y 80°10'51" longitud oeste, a 13 msnm, la duración del trabajo fue de 4 meses durante la época de lluvia, en condiciones climática típica de la zona del valle del río Carrizal.

Manejo del experimento

Los materiales vegetales fueron dos híbridos de maíz con alto rendimiento utilizado en la zona de estudio: “Advanta y Emblema”. La siembra de las parcelas se las estableció en el mes de febrero del 2020 utilizando un espeque para realizar un hoyo de 5 cm diámetro por 5 cm de profundidad ubicando una semilla por sitio de siembra, ambos materiales fueron ubicados en dos condiciones “zona alta y zona baja”. El control fitosanitario se lo realizó siguiendo un esquema integral, bajo el uso de buenas prácticas agrícolas, el control de maleza se lo realizó de forma manual, en el caso donde la presión fue mayor se lo realizó haciendo uso de agroquímico, bajo el esquema de control de pre-emergente y post-emergente, en el control de insectos plaga se realizó con el uso de agroquímicos mediante la aplicación en la siembra y durante el cultivo, cuando este tenía el umbral de presión del insecto -plaga. La aplicación de la fertilización se realizó en base al análisis de suelo y demanda nutricional del cultivo. Siendo así que los niveles de N son bajos, P y K son altos y Mg y S bajos a medio y Zn y B bajos. Por lo indicado anteriormente se muestra en la tabla 1 y 2 las dosis de fertilización básica y Completa, que fueron utilizadas en la fertilización edáfica de los tratamientos, los mismo que fueron empleado en fracciones fenológicas recomendadas por García y Espinoza (2009) y además tomando en consideración la humedad del suelo. Los paquetes tecnológicos también contaban con la nutrición foliar mediante la aplicación de un coctel biorregulador a base de micronutrientes y fitorreguladores a base de un *mix* de quelatos de micronutrientes de bajo peso molecular (metalosatos) y un fitorregulador trihormonal a base de citocininas, ácidos giberélico y ácido 3 -indol butírico en dosis de 1 L ha⁻¹, su aplicación se la realizó en las etapas fenológicas V6 (hoja 6), V12 (hoja 12) y V18 (hoja 18). Para finalizar se tiene que el empleo de la enmienda consistió en la aplicación del

50% de una enmienda silicatada y 50% de enmienda orgánica en dosis de 1 t ha⁻¹, que fue colocada en banda al momento de emergencia del cultivo siguiendo las recomendaciones verbal de García (2020) en una reunión presencial de en enero.

Tabla 1. Cantidades de nutrientes aplicada con el paquete tecnológico N-P-K

Cantidad (kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
109	20	50	-
200	-	-	120
392	180	-	-
701	200	50	120

Tabla 2. Cantidades de nutrientes aplicada con el paquete tecnológico completo.

Cantidad (kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Zn	B
125	15	50	-	-	13	1250	313
300	-	-	120	9	6	-	-
305	-	-	-	76	61	-	-
403	185	-	-	-	-	-	-
1133	200	50	120	85	80	1250	313

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento estuvo constituido por un Diseño de Bloque Completamente al Azar DBCA con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, el tratamiento (T1) Fertilización NPK, (T2) Fertilización NPK + coctel biorregulador, (T3) Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador, (T4) Fertilización Completa + Enmienda mejorada de suelo + coctel biorregulador, (T5) Testigo. La unidad experimental se conformó por parcelas de 28,8 m² (6 hileras de 6 m de largo con espaciamento de 0.8 m entre hileras). El registro de datos se lo realizó en las cuatros hileras centrales de cada

parcela, la distancia entre planta 0.2 m con una planta por sitio. El análisis estadístico consistió en un ANOVA para establecer diferencias entre tratamientos, además se realizó comparación de media, finalmente se estableció análisis de correlación y regresión pertinente.

Variables repuesta

Longitud de la mazorca **LM** (cm) se evaluó 5 mazorcas al azar del área útil de cada parcela, se midió con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de las mismas expresando su valor en centímetros.

Diámetro basal de la mazorca **DB** (mm) se midió la parte basal de la mazorca, con un calibrador digital expresando su valor en milímetros.

Diámetro ecuatorial de la mazorca **DE** (mm) se midió la parte central de la mazorca con un calibrador digital expresando su valor en milímetros.

Número de hileras de grano/mazorca **NH** se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil, contando hileras de granos.

Número de granos/hilera **NGH** se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil, contando el número de granos por hilera.

Número de granos/mazorca **NGM** se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil, contando el número de granos de cada mazorca.

Peso de 100 granos al 14% de humedad **PG** (g) se determinó al momento de la cosecha, para lo cual se tomó 100 granos al azar y se registro el peso con la ayuda de una balanza de precisión.

Peso de granos por parcela al 14% de humedad **PGP** (g) se realizó al momento de la cosecha, para lo cual se tomó cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil y se registró el peso de granos con una balanza de precisión.

Rendimiento al 14% de humedad **Red** (Kg ha⁻¹) 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 siguientes formulas 1 y 2:

$$(1) PU(14\%) = \frac{Pa(100 - Ha)}{100 - Hd} \quad (2) Rend(kg ha - 1) = \frac{PU(10000 m2)}{\text{Área parcela útil (m2)}}$$

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 formula siguiente: **PU** = Peso uniformizado (kg)

Resultados y Discusión

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos para las variables relacionadas a la mazorca del maíz como: longitud, diámetro, número de hileras, granos por hileras y el total de granos por mazorca en condiciones de loma, mientras que para las condiciones de bajo la variables número de grano no mostró diferencias significativas. Esto demuestra que el efecto de una adecuada fertilización en función de las características edafoclimáticas de la zona y la demanda nutricional del cultivo, permite que el desarrollo productivo de los materiales siembra sean superiores.

Tabla 3. Comparación de las 5 tecnología de fertilización en Maíz Amarillo Duro.

Tratamientos	Longitud de mazorca		Diámetro basal		Diámetro ecuatorial		N.º hileras de grano		N.º de granos por hilera		N.º de granos por mazorca	
Loma												
T1	18,00	A	47,88	A	46,63	A	15,75	A	36,63	AB	568,38	AB
T2	18,25	A	47,63	A	46,88	A	15,50	AB	36,00	AB	555,63	AB
T3	18,38	A	47,75	A	46,75	A	15,75	A	37,75	AB	590,25	AB
T4	18,13	A	48,25	A	47,63	A	15,75	A	40,75	A	644,13	A
T5	16,38	B	44,25	B	43,50	B	14,38	B	32,25	B	467,75	B
Diferencias estadísticas	**		**		**		*		*		*	
CV	4,64		3,5		3,04		6,08		13,21		16,69	
P-valor	0,0001		0,0002		<0,0001		0,0242		0,0249		0,0139	
Bajo												
T1	18,75	A	49,00	A	47,50	A	15,38	A	38,38	A	588,00	A
T2	18,50	AB	48,75	A	46,75	A	15,25	A	38,50	A	588,50	A
T3	18,38	AB	48,88	A	47,50	A	15,50	A	38,13	A	587,63	A

T4	18,38	AB	49,50	A	47,50	A	15,50	A	38,25	A	588,63	A
T5	16,50	B	45,88	B	44,50	B	14,50	A	35,13	B	499,63	B
Diferencias estadísticas	*		**		**		ns		*		**	
CV	7,68		2,94		3,23		5,07		4,98		5,7	
P-valor	0,02		0,0001		0,0011		0,07		0,0045		<0,0001	

^{1/} Medias con la misma letras no son significativamente diferentes según Tukey ($p < 0,05$).

En cuanto a las variables de rendimiento bajo el efecto de las tecnología de fertilización el maíz mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso de granos por parcela y rendimiento kg ha⁻¹ en condiciones de loma y bajo, mientras que en el peso de 100 granos no hubo diferencias estadísticas. El empleo de una fertilización balanceada incrementa significativamente los rendimientos llegando a obtener rendimientos de 11.6 a 12.6 t ha⁻¹ empleando maíz con alto potencial genético (semilla certificada).

Tabla 4. Comparación de las 5 tecnología de fertilización en Maíz Amarillo Duro.

Tratamientos	Peso de 100 granos g		Peso de granos por parcela g		Rendimiento Kg ha ⁻¹	
Loma						
T1	32,63	A	178,00	A	10989,13	A
T2	33,25	A	176,50	A	10896,25	A
T3	32,88	A	179,63	A	11098,25	A
T4	33,50	A	188,00	A	11614,25	A
T5	31,13	A	139,00	B	8585,63	B
Diferencias estadísticas	ns		**		**	
CV	7,48		9,79		9,85	
P-valor	0,35		<0,0001		<0,0001	
Bajo						
T1	34,75	A	199,88	AB	12355,88	AB
T2	34,25	A	197,88	AB	12211,38	AB
T3	34,50	A	198,88	AB	12301,38	AB
T4	34,88	A	204,00	A	12605,13	A
T5	32,13	A	158,63	B	9793,00	B
Diferencias estadísticas	ns		*		*	
CV	12,25		15,32		15,51	
P-valor	0,6754		0,0242		0,026	

^{1/} Medias con la misma letras no son significativamente diferentes según Tukey ($p < 0,05$).

El incremento del rendimiento con respecto al testigo puede incrementarse hasta en un 32% de la producción empleando una fertilización completa complementada con enmiendas al suelo y coctel de biorreguladores, incluso puede superar a la fertilización básica de macro nutrientes en un 5%. Esto se debe a que una nutrición balanceada basada en macro micronutrientes y biorreguladores en el cultivo de maíz incrementa significativamente los rendimientos, además el empleo de la enmienda mejoradora al suelo tiene un efecto positivo sobre la disponibilidad de los nutrientes a la planta.

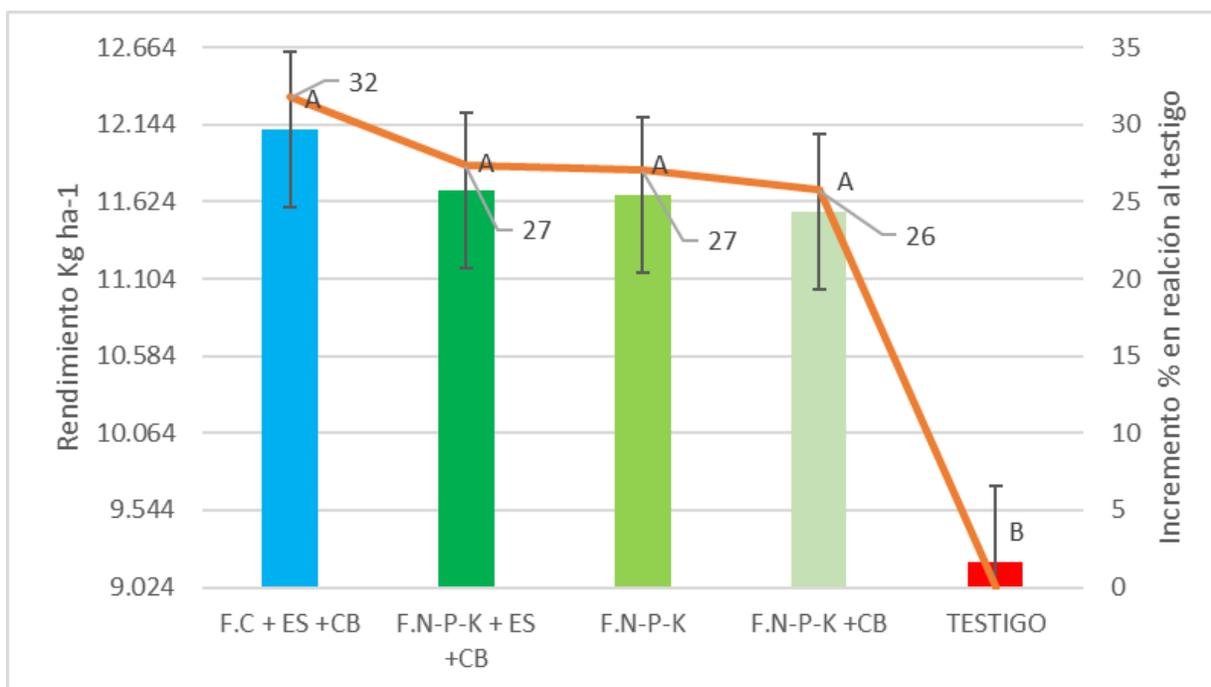


Figura 1. Comparación de 5 tecnologías de fertilización sobre el rendimiento del maíz. F.C: Fertilización completa; ES: Enmienda mejoradora al suelo; CB: Coctel biorregulador; F.N-P-K: Fertilización con macronutrientes.

Discusión

El efecto de las tecnologías bajo la condición de secano sobre las variables evaluadas puede deberse al rol de la nutrición en funciones fisiológicas de los macro-micronutrientes, que complementados con fitorreguladores incrementan el rendimiento del maíz amarillo duro (Cedeño Sacón et al., 2018). El empleo de tecnologías amigable con el ambiente como enmiendas mejoradoras logra incrementar el rendimiento de los granos debido al incremento de los nitratos lo que ayuda a la fertilización química como

alternativa viable (Fortis-Hernández et al., 2009; Merchán, 2020). La diferencia del comportamiento del maíz en loma y bajo el efecto de estas tecnologías se debe a la adaptabilidad de una planta a la zona agroclimática, ya que mediante su influencia se pueden o no expresar los rasgos fenotípicos y genotípicos que poseen los híbridos (Guamán Guamán et al., 2020) como las variables de producción y rendimiento, esto coincide con (Medina Méndez et al., 2018) quienes menciona que la maximización de los ingresos se logra utilizando un material genético de mayor productividad y brindarle una fertilización adecuada.

Conclusiones

Los híbridos con alto potencial productivo Emblema y Advanta respondieron positivamente a la aplicación de las distintas tecnologías de fertilización edáfica.

El empleo de una fertilización balanceada con macro -micronutrientes suplementada con fitorreguladores y enmiendas orgánica al suelo, logra incrementar los rendimientos en comparación al testigo absoluto hasta un 32%.

Estos resultados obtenidos durante el trabajo conjunto con Gobierno provincial de Manabí GPM permiten tener alternativas productivas a los maiceros, aunque es conveniente repetir incluyendo variaciones en los niveles de fertilización para lograr establecer recomendaciones más precisas.

Bibliografía

Baca, L. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria*. 84.

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relacion con la soberania alimentaria - Luis Al.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20maiz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1)

Caviedes Cepeda, G. M. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 116-123.

<https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>

Cedeño Sacón, F., Cargua Chávez, J., Cedeño Dueñas, J., Mendoza Vargas, J., López Álava, G., & Cedeño García, G. A. (2018). Aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 19, 19.

https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i19.723

Fortis-Hernández, M., Antonio Leos-Rodríguez, J., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., Alberto García-Salazar, J., Luis García-Hernández, J., & Arnaldo Orozco-Vidal, J. (2009). *Application of Organic Fertilizers in the Production of Forage Corn with Drip Irrigation*.

Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 047-056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>

López, M. F. (2018). Efectividad De Fertilizantes Arrancadores. En *Espam Mfl*.

<http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/782/TTAGRI2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MAG. (2019a). *Boletín Situacional* (Vol. 2019, pp. 1-6).

MAG. (2019b). *Informe de rendimientos objetivos maíz duro 2019*.

http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/papa/rendimiento_papa_2019.pdf

Medina Méndez, A. J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., & Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21, 4306-4316.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>

Merchán, F. (2020). *Evaluación de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz (Zea mays.) ADV- 9735, en el recinto Cantagallo, Jipijapa- Manabí*. (Número 05). <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2305>

Sánchez Ortega, I., & Pérez-Urria Carril, E. (2014). Maíz I (Zea mays). *REDUCA Biología*, 7(2), 151-171.

Vera Rodríguez, J. H., Cepeda Landin, W. E., Cárdenas Carreño, D. D. los Á., Espejo Galarza, F. A., Inga Herrera, G. M., Balón Cárdenas, A. D. R., Granda Correa, J. D., & Delgado Orozco, J. C. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 0, e750. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.750>