

## EFFECTO DE LA BIOESTIMULACIÓN SOBRE LA CALIDAD COMERCIAL DE ELOTE ROJO EN CONDICIONES DE TEMPORAL

### EFFECT OF BIOSTIMULATION ON THE COMMERCIAL QUALITY OF ELOTE UNDER RAIN-FED CONDITIONS

Luis Alberto Noriega-González<sup>1</sup>; Ma. Maricela Caballero-Palacio<sup>1</sup>; Carlos Alberto Flores-Gómez<sup>1</sup>; Francisco Cervantes-Ortiz<sup>1</sup>; Ma. Cristina Vázquez-Hernández<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México/ITRoque.  
Carretera Celaya - J. Rosas Km 8. §Autor responsable: ma.vh@roque.tecnm.mx  
Recibido 13 mayo 2022, aceptado 3 agosto 2022

ARTÍCULO CIENTÍFICO

#### RESUMEN

El cultivo de maíz para la producción de elote es de alto valor económico, ya que además del buen precio que alcanza se obtienen beneficios adicionales al comercializar y utilizar el forraje verde generado para la alimentación animal. La presente investigación tiene como objetivo identificar el mejor sistema de bioestimulación para obtener la mayor cantidad de elotes comerciales y rendimiento de forraje verde por hectárea en condiciones de temporal. El trabajo experimental se estableció en instalaciones del Tecnológico Nacional de México/ITRoque. El material genético empleado fue una población generada por la recombinación de criollos y se estudiaron tres sistemas de bioestimulación; se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro replicas. Las variables estudiadas fueron agronómicas y de calidad de elote. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas a  $P(0.01)$  en las variables altura de plántula, índice de área foliar en  $V_{6-7}$ , diámetro de elote, número de hileras/elote y rendimiento de forraje verde. El mejor tratamiento en base a la producción de elotes comerciales y la utilidad económica generada fue el tratamiento 1. La variable longitud de pedúnculo presentó asociaciones altas, positivas y con diferencias estadísticas. Se recomienda la utilización del bioestimulante Maxigrow durante el desarrollo del cultivo y su combinación con el foliar PK-min plus en la etapa de llenado de grano.

Palabras clave: *Bioestimulación, elote, calidad, forraje verde*

## SUMMARY

The cultivation of maize for corn production is of high economic value since, besides the high price it reaches, additional benefits are obtained by marketing and using the green forage for animal feed. This research aimed to identify the best biostimulation system to obtain the highest amount of commercial corn and green forage yield per hectare in rain-fed conditions. The experiment was established in the National Technological Institute of Mexico / ITRoque. The genetic material came from the population of recombined creole corn, and three biostimulation systems were studied. A randomized complete block experimental design with four replicates was used. The analyzed variables were agronomical and corn quality. The analysis of variance showed statistical differences in seedling height, leaf area index in V6-7, corn diameter, number of rows/corn, and green forage yield. The best treatment based on commercial corn production and the economic utility was treatment 1. The peduncle length variable presented high, positive associations, and with statistical differences. The use of the Maxigrow biostimulant is recommended during crop development and its combination with the foliar PK-min plus in the grain filling stage.

**Keywords:** *Biostimulation, corn, quality, green forage*

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se cultiva prácticamente en todo México, en diversas condiciones climáticas y de suelo, y su diversidad es tal que el país ha sido considerado centro de origen y diversidad de este cultivo (Kato *et al.*, 2009). Este cereal tiene una amplia diversidad de usos en grano y en planta, tanto para la alimentación humana como animal, así como en la industria. Una de las formas de consumo del maíz más tradicional y popular en México es en elote (estado inmaduro de la mazorca). Estos pueden consumirse asados, hervidos, en diversos platillos regionales o en conservas. El consumo y producción de maíz para elote es importante en México y, generalmente, en las regiones donde se cultiva para este propósito, se usan materiales locales, los cuales también son empleados para la producción de grano. En México, el uso de semilla de variedades criollas (poblaciones nativas) oscila entre 67 y 74 % (Espinosa *et al.*, 2002). En el estado de Guanajuato, las razas elotes cónicos y elotes occidentales de granos rojos y azules sobre salen por sus excelentes tortillas de buen color, suavidad y elevados contenidos de antocianinas (Vásquez *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que promoviendo la estimulación de los procesos metabólicos en las plantas pueden ser más productivas y se puede manejar según se considere de acuerdo a los factores climáticos en la zona a establecer el cultivo. En México existe la necesidad de ser competitivos en el mercado nacional e internacional y obtener mayores dividendos en la producción de maíz; se han generado estrategias con la finalidad de mejorar los tipos de maíz con amplia demanda para diversas formas de consumo (Bommer, 2001). Estos tipos de maíces son comercializados en un amplio mercado nacional, obteniendo ganancias superiores al cultivo de maíz normal; son producidos en nichos ecológicos muy específicos, donde las variedades mejoradas no expresan su potencial de rendimiento o no cumplen con los niveles de calidad requeridos por los productores en la preparación de alimentos (Muñoz, 2003). El cultivo de maíz para la producción de elote es de alto valor económico, ya que además del buen precio que alcanza se obtienen beneficios adicionales al comercializar y utilizar el forraje verde generado para la alimentación animal

(Hernández *et al.* 2001). De acuerdo al SIAP (2021), a nivel nacional en el ciclo agrícola 2020, se sembraron 69,893 ha, considerando el escenario de riego + temporal; se registró un volumen de producción total de 947,998; con un rendimiento promedio de 14.67 udm/ha. En el estado de Guanajuato el elote presentó una superficie sembrada de 475 ha en este mismo ciclo, con un volumen de producción de 9,403 y un rendimiento de 19.80 udm/ha. El municipio de Apaseo el Alto fue el quinto lugar en superficie sembrada en el estado, con 42 hectáreas, registrando un volumen de producción de 702 y un rendimiento promedio por hectárea de 17.72 udm/ha.

En el sector agrícola se han implementado estrategias que promueven la producción de elote para su comercialización, como variedades mejoradas, estimulantes que logran adelantar la producción por medio de procesos metabólicos de la planta, acelerando el ciclo del cultivo. De los avances científicos aplicados en la agricultura, se ha enfocado el trabajo experimental en bioestimulantes, los cuales contribuirán al mejor funcionamiento de los procesos fotosintéticos de la planta (Aguirre, 2015).

El uso de los bioestimulantes se ha ido desarrollando en las últimas décadas debido a que, los cambios en los factores ambientales como la temperatura, luz, y humedad afectan considerablemente los procesos de producción de cultivos, generando niveles de estrés a la planta. Estos factores externos ejercen una influencia negativa sobre su desarrollo, lo cual se ve reflejado al momento de la cosecha. Los bioestimulantes son una herramienta que permite obtener beneficios como reducir el estrés, mejorar la calidad del producto cosechado y proveer mayor resistencia a plagas y enfermedades (Noda y Martín, 2016).

## **OBJETIVOS**

La presente investigación tiene como objetivo identificar el mejor sistema de bioestimulación para obtener la mayor cantidad de elotes comerciales y rendimiento de forraje verde por hectárea en condiciones de temporal.

## **MATERIALES Y METODOS**

La presente investigación se realizó bajo condiciones de temporal, en parcelas experimentales del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Campus Apaseo el Alto, Guanajuato. El suelo donde se estableció el cultivo es tipo vertisol; el material genético empleado fue una población generada por la recombinación de criollos de diversas zonas del estado. Su grano es de color rojo, posee características eloterías y se adapta a las zonas productivas de maíz en temporal en la región del Bajío. Previo a la siembra, las camas de siembra se reformaron con cultivadora de rejas, y "T" invertidas para realizar una rotulación vertical en la línea de siembra (Figura 1); este suelo se ha manejado dos ciclos con los principios de agricultura de conservación; también se realizó una aplicación de herbicida pre-siembra con el ingrediente activo Glifosato a razón de 2 lts/ha. La siembra se registró el 16 de junio del 2020 con humedad. Esta operación se llevó a cabo con sembradora neumática de precisión modelo SD-2011-DSCF-2 de la

empresa “Sembradoras del Bajío” (Figura 2). El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con cuatro replicas.



Figura 1. Reformación de camas de siembra y roturación vertical.



Figura 2. Sembradora de precisión neumática modelo SD-2011-DSCF-2.

La dosis de fertilización empleada fue 136-42-20 + ME. El manejo de plagas se atendió de forma integral, empleando trampa de feromonas, extractos herbales, y finalmente la utilización de agroquímicos de bajo impacto (Figura 3). El control de maleza se lleva a cabo con productos selectivos para el control de hojas anchas y angostas empleando ingredientes activos como: Atrazina, 2,4 D amina y Topramezone.



Figura 3. Aplicación de insecticida y bioestimulante en maíz elotero. Instituto Tecnológico de México/ITRoque.

En el cuadro 1, se describen los tratamientos experimentados en la presente investigación.

Cuadro 1. Tratamientos bioestimulantes en el cultivo de maíz con propiedades eloteras (rojo) establecidos bajo condiciones de temporal. Instituto Tecnológico de Roque, Extensión Apaseo el Alto. PV 2020.

TRATAMIENTO	1ERA. APLICACIÓN	2DA. APLICACIÓN
1	Maxigrow	Maxi-grow + Pkmin plus
2	Agromin	Agromin+Viron PK
3	Xplendor	X-plendor+Agroquel+Cytus+Hidrofoliar+Viron
4 (Testigo)	Sin aplicación	Sin aplicación

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza encontró diferencias a  $p$  (0.01) en las variables de altura de plántula, índice de área foliar en  $V_6$ , diámetro de elote, número de hileras/elote y rendimiento de forraje verde; el resto de las variables no presentaron diferencias estadísticas.

La producción de elotes por hectárea con características comerciales presentó un rango de valores de 24,444 en el tratamiento 2 hasta 32,223 en el tratamiento 1 (Figura 4), esta diferencia numérica de 7,779 elotes, repercute en la utilidad de cada tratamiento; considerando que la pieza de elote en esta temporada se comercializa en 2 pesos aproximadamente, se tiene una diferencia positiva en la utilidad del tratamiento 1 de 15,558 pesos y superior al tratamiento 2. El tratamiento 2, también evidencio inferioridad productiva de forraje verde con 26,556 t ha<sup>-1</sup>, estos resultados en el número de elotes comerciales y rendimiento de forraje verde son inferiores a los encontrados por Noriega *et al.*, (2015). En contraste con lo anterior en las primeras etapas de desarrollo ( $V_6$ - $V_7$ ), el tratamiento 2, presentó la mayor expresión para las variables altura de plántula e índice de área foliar (Figura 5), y el comportamiento del tratamiento 1, se vio poco favorecido. Las densidades de población fluctuaron entre 55,556 (tratamiento 2), hasta 73,334 plantas por hectárea en el tratamiento 4, esta condición de baja densidad afectó negativamente en la cantidad producida de elotes comerciales por hectárea y la productividad de forraje verde.

Con respecto al porcentaje de elote comercial el tratamiento 2, presentó un 60% y en el tratamiento 4 (testigo) un 42%.

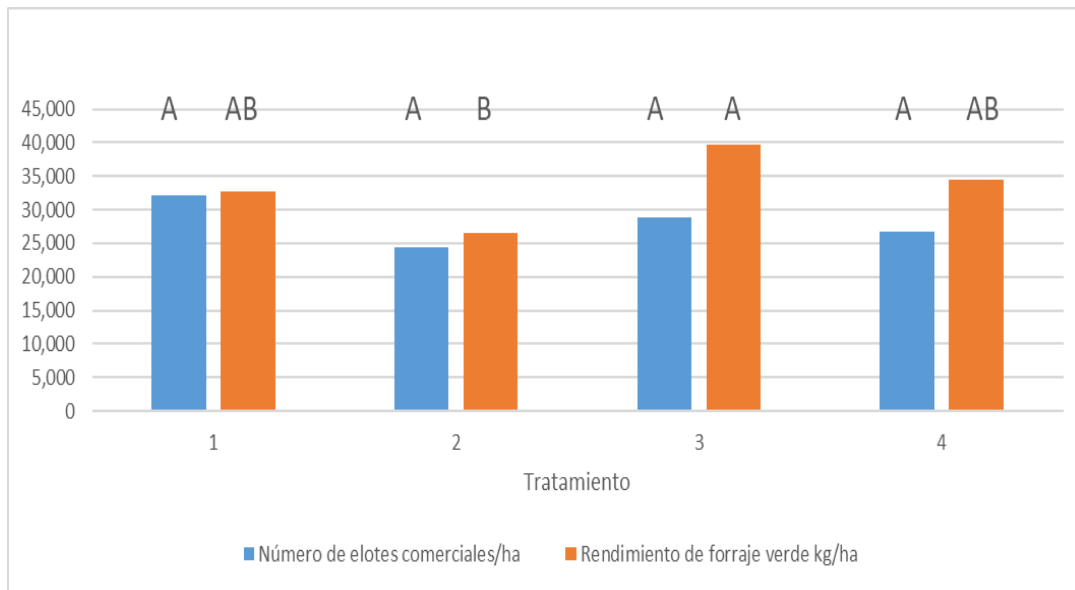


Figura 4. Número de elotes comerciales por hectárea y rendimiento de forraje verde en cuatro tratamientos de bioestimulación en el cultivo de maíz elotero rojo.

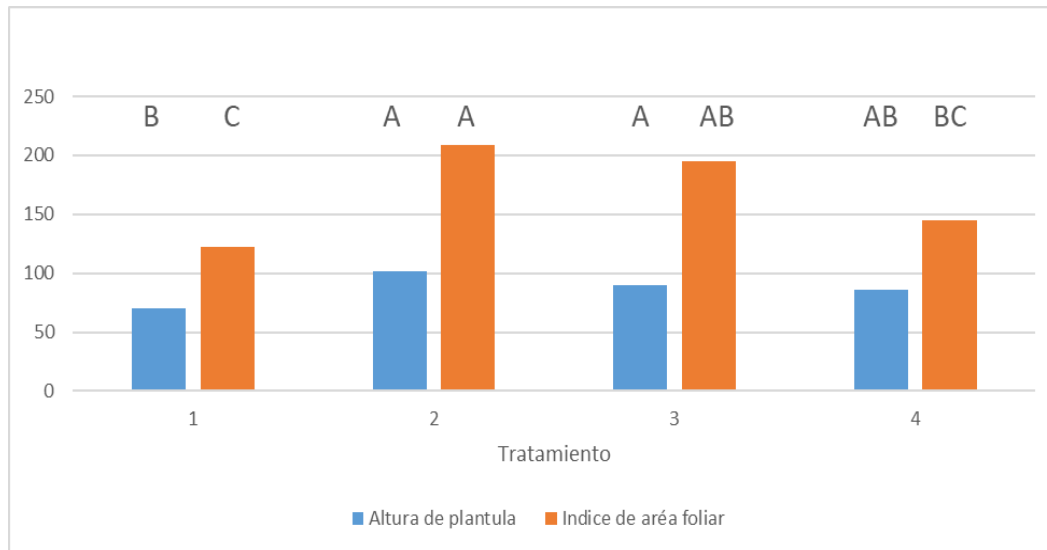


Figura 5. Altura de plántula e índice de área foliar en etapa V<sub>6-7</sub>, en cuatro tratamientos de bioestimulación en el cultivo de maíz elotero rojo.

Para las variables número de hileras, longitud y diámetro de elote; altura de planta y número de hojas el tratamiento 4 (testigo) presentó menor expresión numérica en comparativa con el resto de los tratamientos. Estas variables a menudo son seleccionadas por los productores de elote y estos resultados son similares a los encontrados por Coutriño *et al.* (2010). En las variables anteriormente comentadas y en la longitud de pedúnculo y número de granos por hilera, el tratamiento 3, presentó la mejor expresión (Figura 6).

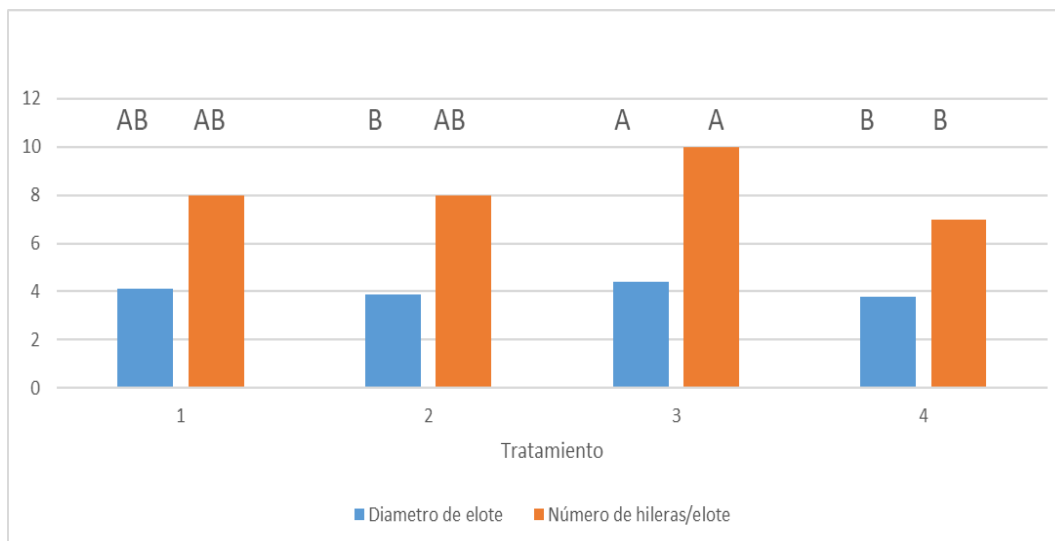


Figura 6. Diámetro de elote y número de hileras/elote, en cuatro tratamientos de bioestimulación en el cultivo de maíz elotero rojo.

Las correlaciones entre los caracteres medidos determinaron que la variable longitud de pedúnculo presenta asociaciones con altura de plántula, longitud de elote, número de granos/hilera y número de hileras, estas fueron superiores a (0.70), positivas y con significancia estadística a  $p$  (0.01). La variable número de hileras presenta el mismo comportamiento y presenta alta asociación la longitud de pedúnculo, diámetro y longitud de elote. La longitud de elote presentó la mayor asociación (0.82), también positiva y con significancia estadística a  $p$  (0.01) con el número de granos por hilera. Finalmente se presenta la asociación entre la longitud de elote y el diámetro del elote. La variable número de elotes comerciales por hectárea y rendimiento de forraje verde no presentaron asociaciones con el resto de variables estudiadas, esto concuerda con Mock y Bakri (1976), Mock y Skrdla (1978), Mock y McNeill (1979), Fakorede y Ayoola (1980), Ajala y Fakorede (1988), Revilla *et al.* (1999), Cervantes-Ortiz *et al.* (2013) y Ramírez *et al.* (2016).

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a la producción de elotes comerciales y la utilidad generada es el tratamiento 1, fue el que exhibió mejor comportamiento.

La densidad de población cercana a las 65 mil plantas por hectárea es la ideal para la producción de elote de calidad comercial y forraje verde.

Es necesario que el productor de elote elija materiales genéticos con una longitud de pedúnculo adecuada como una característica para obtener elotes de calidad.

Se recomienda la utilización del producto Maxigrow durante el desarrollo del cultivo y su combinación con PK-min plus en la etapa de llenado de grano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ajala SO; Fakorede MAB (1988). Inheritance of seedling vigor and its association with mature plant traits in maize populations at two levels of breeding. *Maydica* 33: 121-129.
- Bommer DFR (2001). The historical development of international collaboration in plant genetics resources. *In: Crop Networks: Searching for New Concepts for Collaborative Genetic Resources*. Th J L Van Hintun, L Frese, P M Perrer (eds). Papers of the EUCARPIA/IBPGR Symposium Held in Wageningen. The Netherlands. 3-6 December 1990. International Crop Network Series No. 4 International Board for Plant Genetic Resources. Rome. pp:3-12.
- Cervantes OF; Gamez SJR; Andrio EE; Rivera RJG; Rangel LJA; Mendoza EM; Cisneros LHC; López RG (2013). Relación del vigor inicial de plántula con caracteres de planta adulta en maíces criollos mejorados. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 1: 14-19.
- Coutriño EB; Vidal MVA; Sánchez GG. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas. *In: Mejoramiento, Conservación y uso de los maíces criollos*, Nájera R M, B., C. A Ramírez M (eds). Publicación Especial Sociedad Mexicana de Fitotecnia.
- Espinosa TE; Mendoza CMC; Castillo GF; Ortiz CJ† y Delgado AA (2010). Aptitud combinatoria del rendimiento de antocianinas y de características agronómicas en poblaciones nativas de maíz pigmentado. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(1):11-19.
- Fakorede MAB; Ayoola AO (1980). Relationship between seedling vigor and selection for yield improvement in maize. *Maydica* 25: 135-147.
- Hernández AJA, Ramiro CA; Maya HV; Chaverria CJ y Martínez GM (2001). El cultivo del maíz para elote en la zona media de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CIR-Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Las Palma. Folleto num.26 pp 5-13
- Kato YTA; Mapes SC; Mera OLM; Serratos HJA; Bye BR (2009). Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 116 p.  
<http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Origen%20del%20MaizUv.pdf>
- Mock JJ; Bakri AA (1976). Recurrent selection for cold tolerance in maize. *Crop Science* 16: 230-233.
- Mock JJ; McNeill MJ (1979). Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in North America. *Crop Science* 19(2): 239-242.
- Mock JJ; Skrdla WH (1978). Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. *Euphytica* 27: 27-32.
- Muñoz OA (2003). Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. 210 p.
- Noda Y; Martín G (2016). Resultados preliminares de la poda y de la aplicación de FitoMas-E en el rendimiento de *Jatropha curcas* y de cultivos asociados. *Pastos y Forrajes*. Vol. 39(4), 246-251.
- Noriega GLA; Alvarado VE; Cerca VSA; Ramírez RB; González GMA (2015). Productividad de elote y forraje en cuatro criollos de maíz rojos eloteros. XII encuentro participación de la mujer en la ciencia. León, Guanajuato. ISSN 2448-5063. Pp 1-4.
- Ramírez MCA; González CJC; Gómez VJL (2016). Selección por vigor inicial de plántula de maíz en vivero. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 2: 10-18.
- Revilla P; Butrón A; Malvar RA; Ordás A (1999). Relationships among kernel weight, early vigor and growth in maize. *Crop Science* 39:654-658.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Disponible en:<https://www.gob.mx/siap>.



Vázquez CMG; Pérez JPC; Hernández CJM; Marrufo L; Martínez ER (2010). Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 33(Esp. 4):49-56.