

[ GENÉTICA VEGETAL ]

# Evaluación de genotipos de maíz elotero y para grano (*Zea mays* L.), en México

**Gregorio Bahena Delgado**

**Jesus M. Vázquez Sánchez**

Profesores Investigadores, UAEM-Campus Oriente

**Mauricio Domínguez Quintana**

**Miguel Angel Jaime Hernandez**

**Roberto Venado Campos**

Profesores, UAEM-Campus Oriente

**Milton R. Vázquez Domínguez**

Tesista, UAEM-Campus Oriente

Para elevar la productividad de este cultivo en México y Centroamérica se hace necesario el empleo de distintos materiales genéticos. Dentro de la ancestral cultura del maíz, se llama elote (del náhuatl *elotl*) a la mazorca de maíz que todavía está en la planta que la produjo o recientemente cosechada, en la que los granos todavía guardan la humedad natural. El presente estudio revela cómo se evaluaron catorce genotipos de maíz elotero y grano en riego por goteo y fertirrigación en el ciclo primavera-verano 2007. Los resultados muestran que el mejor genotipo en elote fue Kronos y en grano Tritón.



El cultivo de maíz es de enorme importancia en la alimentación del ser humano y de los mexicanos en particular, al respecto se menciona (SAGARPA, 2007) que en México se cultiva maíz en 8,4 millones de ha y el promedio anual de producción es de 2,5 t/ha, siendo bajo el rendimiento que se alcanza por unidad de superficie cultivada principalmente en condiciones de temporal. En la actualidad es importante el empleo de distintos materiales genéticos para contribuir a elevar la productividad, pero considerando el uso racional del agua de riego, del suelo y la aplicación correcta de insumos como fertilizantes y herbicidas. El uso de pequeños volúmenes de agua y la aplicación de fertilizantes es una técnica que permite aumentar la productividad de los cultivos.

En el Estado mexicano de Morelos, el Anuario estadístico de la producción agraria (OEIDRUS, 2005) informa que se siembra maíz para grano en riego y temporal en una superficie de 29,76 ha, sin embargo también se siembra para la producción de elote, en donde se emplean diferentes materiales genéticos que no demuestran su potencial productivo debido a que se

siguen produciendo en sistemas tradicionales de cultivo, donde el desperdicio del agua y la aplicación inadecuada de los insumos y la erosión de los suelos se convierten en un serio problema para obtener buenos rendimientos.

Al respecto los autores (Morris et al, 2000) comentan que el maíz es fundamental para los mexicanos. En su cultivo, intervienen diferentes factores que afectan los rendimientos obtenidos por unidad de superficie, entre ellos, son los genotipos, la disponibilidad de agua y los nutrientes en las cantidades y etapas fisiológicas correctas.

Cuando no se tiene un manejo adecuado de éstos, los rendimientos se reducen de manera significativa.

En el municipio de Ayala se destinan 1.951 ha<sup>-1</sup>, a la producción de maíz, de las cuales 792 ha<sup>-1</sup> son de riego y el resto de temporal. Con un rendimiento medio de 2,73 t/ha (EMM, 2001), el maíz se consume principalmente en tortillas, pero también gran parte de los consumidores lo prefieren en otras presentaciones ya sea en elote, atole, tamales y huitlacoche. En su producción, debe considerarse la utilización de recursos importantes como es el agua, el suelo y los de carácter económico, por lo que la aplicación eficiente requiere de conocimientos específicos para la aplicación



correcta del agua, de los nutrientes y el uso de mejores materiales genéticos lo que puede contribuir a elevar la productividad y calidad de las cosechas para los productores con pequeñas superficies de tierra y disponibilidad de agua en un esquema de sustentabilidad de los recursos. La sustentabilidad no puede llevarse a cabo, si se siguen manejando los recursos de forma tradicional, con baja rentabilidad y poca eficiencia, traduciéndose en un escaso aprovechamiento y en un gran desperdicio.

Bajo este contexto, (Postel, 2001) se indica que el sistema de riego por goteo ahorra agua. El riego por goteo con la técnica de fertirrigación permite una utilización más racional del agua y una aplicación más eficiente de los fertilizantes, en el sistema de riego por goteo es posible la aplicación de herbicidas e incluso insecticidas aplicados al suelo, además de que es viable la automatización de todo el sistema. Por ello, el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación es un sistema perfecto para la práctica de la agricultura de riego en pequeñas superficies, ya que utiliza pequeños volúmenes de agua, evita la contaminación de los suelos, los mantos freáticos, la erosión de los suelos y reduce de manera significativa la presencia de malezas.

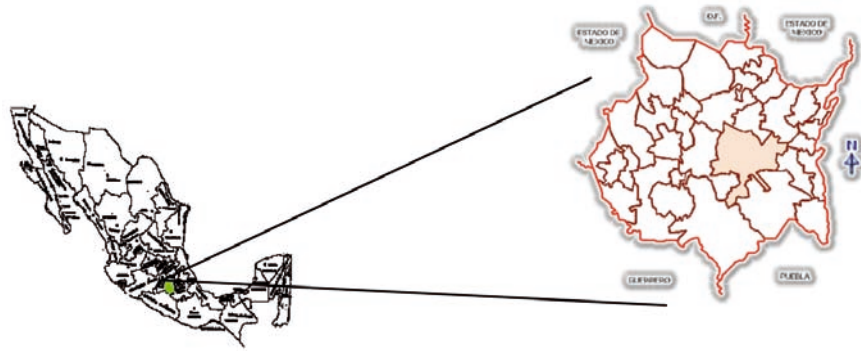
Según esta perspectiva, el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación se presenta como una opción viable para el manejo sustentable de los recursos como son los materiales genéticos, el agua, el suelo y los insumos, dando como resultado un sistema eficiente y económico a corto y mediano plazo para reducir el desperdicio de recursos y aumentar los rendimientos de las cosechas.

### Materiales y métodos

Durante el ciclo verano-invierno 2007, se estableció un experimento bajo condiciones de riego por goteo y fertirrigación, en el campo experimental del Campus Oriente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicado en la locali-



**Figura 1:** Localización geográfica del trabajo de campo



dad de Xalostoc, municipio de Villa de Ayala, Estado de Morelos (Figura 1). Se probaron catorce genotipos de maíz para elote y grano más ampliamente usados en la región. Se sembraron dos surcos de cada genotipo a una distancia de 0,8 m entre surcos y 37 metros de largo, teniendo unidades experimentales de 59.2 m<sup>2</sup>, la distancia entre matas fue de 40 cm depositando 2 semillas.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y dos replicas por tratamiento. Los tratamientos correspondieron a los catorce genotipos evaluados (Tabla 1). Se cultivó en un suelo arcilloso, se llevó a cabo la preparación de suelos con tracción mecánica, consistiendo en un barbecho, cruza, rastreo y surcado. Antes de sembrar se instaló la tubería de 1" de diámetro, conectores y las cintas de riego con los goteros hacia arriba.

La dosis general de fertilizante fue la 140- 110- 160 kg de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por ha<sup>-1</sup> respectivamente, siendo fertilizantes solubles y aplica-



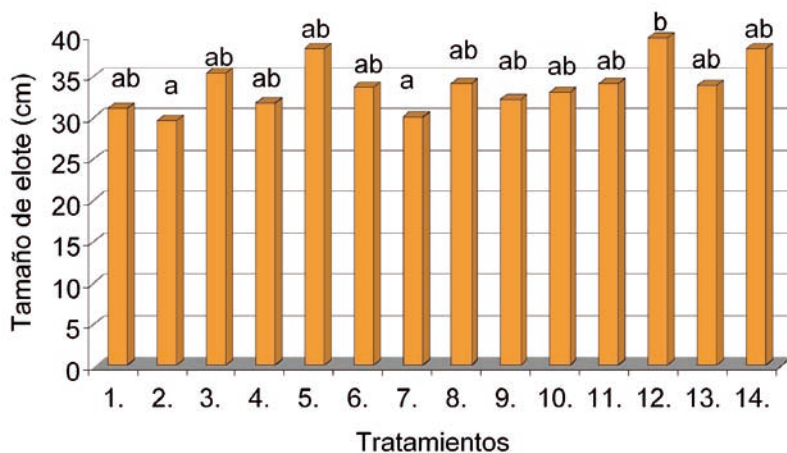
**El mejor genotipo de maíz para elote en cuanto a tamaño bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación fue el genotipo Kronos, mientras que para grano fue el genotipo Tritón**

dos de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo (inicio, desarrollo, crecimiento y producción), en el sistema de riego por goteo bajo la técnica de fertirrigación.

**Tabla 1:** Genotipos evaluados en el campo experimental del Instituto Profesional de la región Oriente

Tratamiento	Genotipo
1	Tigre
2	Oso
3	A-7573
4	30F94
5	30G40
6	V537
7	Costeño Mejorado
8	Pantera
9	Eros
10	AS50501
11	DK2022
12	Kronos
13	Amarillo
14	Tritón

**Gráfico 1:**  
Resultados obtenidos para la variable tamaño de elote (cm)



Para el control de malezas se utilizó el herbicida Arrazina 90 a una dosis de 1 kg de i. a. por ha<sup>-1</sup>, aplicado en el sistema de riego por goteo durante 10 minutos, disueltos en 18 litros de agua. Posteriormente solo se dio una escarada para eliminar malezas y darle soporte a las plantas, no se efectuaron labores culturales.

Para el control de gusano cogollero se hizo una sola aplicación a los 20 días de PHC CONDOR a base de *Bacillus thuringiensis*, a una dosis de 0.5 kg por ha<sup>-1</sup> .de i. a. Para calcular el tiempo de riego se tomaron muestras de suelo después de un riego por espacio de una hora para determinar la capacidad de campo del suelo, el cual consistió en pesar una muestra de suelo húmedo, se introdujo al horno eléctrico por espacio de 24 horas a 110° C de temperatura y en una balanza analítica se pesó de nueva cuenta y se determinó el % de humedad del suelo.

Para determinar la cantidad total de agua aplicada durante el ciclo del cultivo, se utilizó cinta de riego con goteros distribuidos cada 40 cm. Se colocó un vaso de precipitado de 1.000 ml en un gotero al inicio del surco, en la parte media y al final del surco distribuidos al azar y en zig-zag, considerando la cantidad de agua aplicada durante una hora. Obteniendo de esta manera la cantidad de agua aplicada en el cultivo en la superficie sembrada y, posteriormente, ajustando los datos a litros por ha<sup>-1</sup>. En total se dieron 67 riegos desde la siembra hasta el momento de la madurez fisiológica durante 3 horas en promedio, los primeros 17

riegos fueron cada tercer día y el resto en forma diaria.

La aplicación de los fertilizantes, se inició una vez que se tuvo el 100% de plantas emergidas. Para ello se utilizó un inyector de fertilizantes tipo “venturi” colocado en la línea de conducción del sistema de riego. Este fertilizante se disolvía previamente en 50 litros de agua.

Las variables evaluadas fueron: tamaño de elote, diámetro de elote, altura de elote, rendimiento en grano, cantidad total de agua e índice de productividad del agua. Para su análisis, se utilizó el Programa SPSS Empleando la prueba de Tukey con un grado de confiabilidad del 95 %.

**Resultados:**

**Tamaño de elote**

El análisis de varianza para la variable tamaño de elote mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad, indicando la mejor adaptabilidad de algunos genotipos estudiados. Los rendimientos promedios de tamaño de elote se presentan en el **Gráfico 1**, incluyendo la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, y se observa que el tamaño promedio de elote varío entre los 29,75 y 39,78 cm. Siendo el mejor genotipo Kronos (tratamiento 12), con

un rendimiento de tamaño de elote 39,78 cm, lo que indica que este genotipo presenta una buena capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región oriental del Estado de Morelos.

El uso del sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación permite la aplicación de cantidades suficientes de agua y nutrientes y de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, en un mejor crecimiento de las plantas, aumento en el rendimiento de los cultivos, mejor calidad de las cosechas y reduce con el tiempo los costos de producción, representando al productor un incremento significativo en los ingresos por unidad de superficie.

En (Altamirano, 2002) se menciona que los fertilizantes solubles pueden ser aplicados en los sistemas de riego logrando una mayor eficiencia en la nutrición de plantas. En tanto que en el sistema de riego por gravedad, la mayor parte del agua y los nutrientes son arrastrados hacia lugares no disponibles por las plantas, incrementa los costos de producción, y produce contaminación de las reservas de agua subterránea y una pérdida del suelo por erosión.



En este sentido (Ortiz y Amado, 2003) afirman que en términos generales con el manejo convencional la eficiencia global de riego a nivel parcelario es del orden del 45%, lo cual es un pobre nivel de aprovechamiento del recurso agua. Estos resultados para la variable tamaño de elote son superiores a los obtenidos por (Cuenca, 1989), quien reporta rendimientos

**Tabla 2:****Cantidad total de riego y agua en el cultivo de maíz elotero ciclo primavera- verano 2007**

Numero total de riegos	Agua total (m³) en 830m²	Agua total (m³) por ha <sup>-1</sup>
67	518	6.240

máximos para el tamaño de elote de 15 cm. Resultados similares fueron obtenidos por (Magdub et al, 2005) quienes trasplantaron maíz bajo un sistema de riego por goteo y fertilización orgánica obteniendo un rendimiento de hasta 36. 000 elotes por hectárea.

**Diámetro de elote**

Los resultados obtenidos para esta variable se concentran en la **Tabla 2**, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El análisis de variabilidad mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, por lo que se considera que los diferentes materiales estudiados en el presente trabajo de investigación responden de manera diferente a las condiciones propias de la región, así como al uso de riego por goteo y fertirrigación, lo que tiene una influencia en el desarrollo del diámetro del elote.

Los resultados obtenidos muestran que el mejor genotipo de maíz para elote en cuanto al diámetro fue el tratamiento cuatro (30F94) con 6,43 cm; mientras que el tratamiento 13 (amarillo) produjo el menor diámetro de elote de 4,47cm, los cuales, además, resultaron estadísticamente diferentes. Al respecto, el uso eficiente del agua, así como la utilización de fertilizantes solubles y aplicados de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo propiciaron un mayor diámetro de elote y niveles de rendimiento más favorables (Bahena y Tornero 2007). A su vez, (Hernández et al, 2001) mencionan que uno de los problemas para obtener bajos rendimientos es el ineficiente uso y manejo del agua de riego.

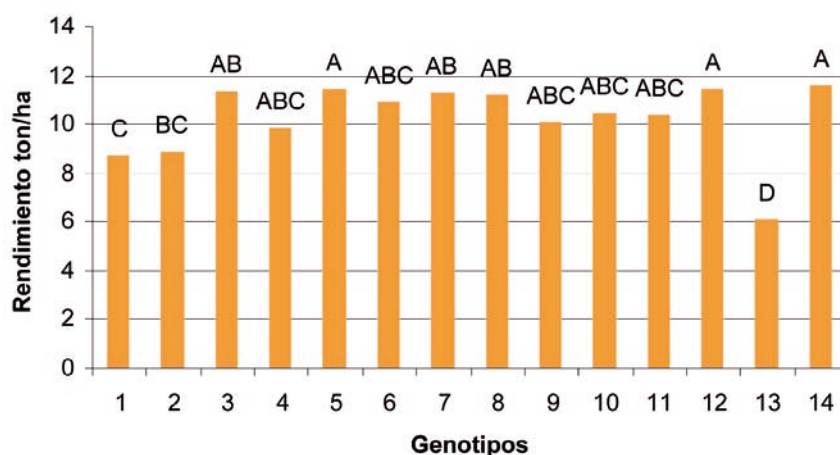
**Altura de elote**

Las alturas promedio de elote obtenido por cada uno de los tratamientos, se presentan en la **Tabla 2**. El análisis de variabilidad para esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos al nivel del 5% y de acuerdo a la prueba de Tukey, la mayor altura

de elote se obtuvo con el tratamiento 11 con 137 cm. Para los sistemas de producción de maíz elotero, la altura es una cualidad fenotípica poco deseada en la región debido a que el crecimiento excesivo de la planta provoca condiciones propicias para el acame ocasionando, pérdidas en la producción. En este sentido, el tratamiento 1 (Tigre) con una altura promedio de 70.50 cm, mostró características propicias para la producción de maíz elotero.

**Gráfico 2:**

**Resultados obtenidos para la variable rendimiento en cada uno de los genotipos evaluados. Valores dentro de una misma columna son estadísticamente iguales (Tukey  $P < 0.05$ )**

**Rendimiento de grano**

Los resultados obtenidos en cuanto a la variable rendimiento muestran que el mejor genotipo fue Tritón con 11.550 toneladas ha<sup>-1</sup> (**Gráfico 2**). Resultados similares fueron reportados por (Guevara et al, 2005) quienes obtuvieron rendimientos significativos de grano de maíz cuando usaron el sistema de riego por goteo.

**Cantidad total de agua aplicada**

En la **Tabla 3**, se presenta el número de riegos así como la cantidad total de agua utilizada para la producción de maíz elotero y para grano en un sistema de riego por goteo y fertirrigación.

La cantidad total de agua se determinó con una cinta de riego y goteros separados cada 40 cm y un gasto por gotero de 1.000 ml, por hora, con una distancia entre surcos de 0,8 m y un tiempo de riego de 3 horas por día, con un total de 67 riegos por ciclo.

Dentro de las ventajas de la utilización de los sistemas de riego por goteo se encuentra, principalmente, la optimización del agua, así como la aplicación de las cantidades requeridas por los cultivos y cuyos rendimientos se reflejan en la maximización de la producción y la eficiencia del uso del agua. Al respecto, los resultados obtenidos coinciden con los reportados por (Bahena y Tornero, 2007), quienes obtu-

**Tabla 3:** Resultados obtenidos y prueba de comparación de medias para las variables de respuesta analizadas. Valores dentro de una misma columna seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P < 0.05$ ).

Tratamiento	Descripción	Tamaño de elote (cm)	Diámetro de elote (cm)	Altura de elote (cm)
1		31.17 ab	5.85 b	70.50 a
2		29.75 a	5.93 b	81.33 ab
3		35.42 ab	5.96 b	82.92 ab
4		31.92 ab	6.43 b	119.33 bcd
5		38.33 ab	5.33 ab	95.33 abcd
6		33.67 ab	5.50 ab	85.17 ab
7		30.13 a	5.92 b	135.67 cd
8		34.25 ab	5.97 b	93.17 ab
9		32.33 ab	6.15 b	97.00 abcd
10		33.02 ab	5.47 ab	102.00 abcd
11		34.25 ab	5.27 ab	137.00 d
12		39.78 b	6.35 b	84.08 ab
13		33.93 ab	4.47 a	99.75 abcd
14		38.48 ab	5.42 ab	94.08 abc

vieron un ahorro significativo hasta del 90,2% en el uso del agua de riego y rendimientos de 9 toneladas por hectárea de maíz para grano, al comparar el riego por gravedad con el sistema de riego por goteo.

Se considera que el mejor aprovechamiento del agua en la producción de maíz se debe principalmente a que en el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación es posible aplicar el agua y los nutrientes de manera eficiente y cercana a la raíz de la planta, a que se tiene una baja evaporación y lixiviación del agua a capas

profundas del suelo, al respecto (Martota, 2004) menciona que el uso de la fertirrigación se ha hecho extensivo ya que permite obtener mejores rendimientos en los cultivos. En (Lopresti, 2001), se comprobó que cuando se utiliza el sistema de riego por goteo y fertirrigación la eficiencia del agua produce una mayor altura de plantas y un mayor rendimiento en los cultivos.

Por su parte (Craig, 2001), encontró que la aplicación del riego por goteo es una de las tecnologías más avanzadas de la irrigación de cultivos, ya que utiliza pequeñas cantidades de agua y au-

menta los rendimientos de los cultivos sin la lixiviación de los nutrientes ni la degradación de los suelos y la contaminación de los mantos freáticos en comparación con el sistema de riego por gravedad.

### Índice de productividad del agua (IPA)

Los resultados obtenidos en el cultivo de maíz para grano muestran que existe una excelente rentabilidad del agua cuando se utiliza el sistema de riego por goteo, ya que este sistema coloca el agua cerca de las raíces de las plantas, a que se tiene una escasa evaporación y lixiviación del agua. En el **Gráfico 3**, se puede observar que por cada kg de maíz producido se utilizaron desde 540 hasta 1.020 litros de agua. Resultados similares fueron reportados por (Bahena y Tornero, 2007) quienes encontraron que por cada kg de maíz producido se utilizaron 85 l mediante el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación.

### Conclusiones

El mejor genotipo de maíz para elote en cuanto a tamaño bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación fue el genotipo Kronos, mientras que para grano fue el genotipo Triton. La aplicación del sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación permitió incrementar los rendimientos de maíz elotero y para grano. El sistema de riego por goteo y fertirrigación permitió obtener un ahorro significativo en la aplicación del agua para la producción de maíz elotero y para grano. Con el sistema de riego por goteo y fertirrigación es posible obtener una alta productividad del agua en la producción de cultivos.

### Agradecimientos

Al instituto Profesional de la Región Oriente por las facilidades otorgadas en la realización de este trabajo. A los alumnos del segundo semestre de agronomía por su valiosa colaboración.

### Bibliografía

Queda a disposición del lector en: redaccion@editorialagricola.com •

**Gráfico 3:** Índice de productividad del agua requerida para cada genotipo

