

Producción de híbridos de maíz con urea estabilizada y nutrición foliar

Benjamín Zamudio González¹
Amelia Félix Reyes¹
Aarón Martínez Gutiérrez^{2§}
João Carlos Cardoso Galvão²
Alejandro Espinosa Calderón³
Margarita Tadeo Robledo⁴

¹Campo Experimental Valle de Toluca-INIFAP. Carretera Toluca-Zitacuaro km 4.5, Zinacantepec, Estado de México, México. CP. 51350. Tel. 01(722) 4582109. (bzamudiog@yahoo.com.mx; Ame-1307@hotmail.com). ²Universidad Federal de Viçosa-Campus Viçosa. Avenida Peter Henry Rolfs, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. CP. 36 570 000. (jgalvao@ufv.br). ³Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. (espinoale@yahoo.com.mx). ⁴Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. (tadeorobledo@yahoo.com).

§Autor para correspondencia: aaron.0715@hotmail.com.

Resumen

Se evaluaron seis híbridos de maíz en Ixtlahuaca, Villa Victoria y Temascalcingo, Estado de México, en arreglo de factorial, con urea convencional, Urea NitroXtend con Agrotain y Urea NitroXtend con Agrotain + S a razón de 250 kg ha⁻¹ de N y cuatro tratamientos de fertilización foliar (Testigo, Quimcasa, Disagro y Bios). La combinación de los factores 3*6*3*4 con cuatro repeticiones. Los tratamientos foliares se aplicaron en etapa V₄₋₆ y V₉₋₁₀. Se utilizó un diseño de parcelas sub-subdivididas, con la parcela mayor para híbridos, parcela media para tipos de urea y parcela menor para tratamientos de fertilización foliar. Se empleó la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias. Para rendimiento de grano, las medias fueron Ixtlahuaca 13.6, Temascalcingo con 11.7 y Villa Victoria 10.8 t ha⁻¹, por híbridos fue para el BG1304 de 14.24, BG1384 con 13.79, Syn1806 con 12.28, Albatros con 11.6, H-51AE con 10.25 y H-57AE con 10.24 t ha⁻¹, no se encontró respuesta a los tipos de urea, en tanto que para fertilización foliar el testigo (11.13 t ha⁻¹) fue superado por el tratamientos Quimcasa (12.36 t ha⁻¹), Disagro (12.49 t ha⁻¹) y Bios (12.3 t ha⁻¹). Se encontraron interacciones positivas de híbridos (H) por tipos de ureas (U) y de híbridos x fertilización foliar (F). Los altos rendimientos obtenidos se deben a la utilización de nuevos híbridos y la adopción de las mejores prácticas agrícolas (MPAs) entre las cuales se destaca la fertilización al suelo y la nutrición foliar.

Palabras clave: *Zea mays* L., inhibidores de nitrificación, microelementos, nutrición vegetal.

Recibido: junio de 2018

Aceptado: agosto de 2018

Introducción

En el Estado de México se produce grano de maíz en una superficie de 540 632 ha, 84% bajo condiciones de temporal y el resto con punta de riego. La producción del Estado de México es de 2 036 772 toneladas con un rendimiento promedio de 3.62 t ha⁻¹ (SIAP 2015). Aun con los crecientes apoyos gubernamentales a la producción de maíz en el Estado de México, la tasa de crecimiento es negativa, tanto en condición de temporal como en punta de riego (Trueba, 2012). Para satisfacer la demanda de grano de maíz en el Estado de México se acude a la importación de grano procedente de estados como Sinaloa o de fuera del país (Ramírez y García, 2014), por lo que para alcanzar la autosuficiencia deben implementarse medidas integradas para su solución (Ortiz *et al.*, 2007).

El uso de semillas certificadas de maíz en México es 26%, en contraste en los Valles Altos de México, de 6% (Espinosa *et al.*, 2004). Los maíces criollos si bien son rústicos y adaptados en condiciones adversas del clima en ocurrencia de frío-nubosidad-granizo-sequía-heladas y lluvias torrenciales, como a suelos arcillosos-ácidos y prácticas irregulares de siembra, tienen bajo potencial de producción de grano (Espinosa *et al.*, 2008). El uso de híbridos o semillas mejoradas con alto potencial de producción de grano es una alternativa viable económica (Virgen *et al.*, 2010; Virgen *et al.*, 2016). Por lo tanto, el incremento en el rendimiento de grano de maíz se asocia 60% por la calidad de la semilla y el resto 40% se debe al manejo agronómico del cultivo (Espinosa *et al.*, 2008).

Por otra parte, la nutrición y manejo de la fertilidad del suelo es indispensable para obtener producciones rentables de maíz. La fertilización al suelo con nitrógeno es prioritario, seguido por el uso de fósforo y del potasio al suelo (Kibet *et al.*, 2009), por lo tanto, una dosis equilibrada de NPK tiene notable influencia en el crecimiento y rendimiento del maíz (Redman *et al.*, 2011). Los fertilizantes nitrogenados al suelo tienen pérdidas de 20 a 80%, principalmente por procesos de lixiviación por nitrato que contribuye a la eutrofización de las aguas superficiales y volatilización como amoníaco o en los procesos de desnitrificación (Bianchini *et al.*, 2008; Ferraris *et al.*, 2009). Una práctica agronómica efectiva para incrementar el uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados dirigidos al suelo es fraccionar las aplicaciones (Cassman *et al.*, 2002) de acuerdo al requerimiento nutricional y épocas de mayor demanda del cultivo (Ciampitti y Vyn, 2014).

En maíz se recomienda aplicar un tercio de la dosis total del N la siembra y el resto en una o dos aplicaciones en la etapa de rápido crecimiento vegetativo (V₄₋₁₀) (Guohua *et al.*, 2008; Yu-kui *et al.*, 2009; Ciampitti y Vyn, 2014). En este sentido, con base a tecnología industrial se ofertan fertilizantes nitrogenados con inhibidores que reducen la tasa de transformación de la urea como el hidrolisis, bloqueo de actividades enzimáticas, e incluso barreras físicas como cubiertas cerosas, y las potenciales pérdidas de N (Gambaudo y López, 2005; Ferraris *et al.*, 2009; Linares *et al.*, 2012). El uso de tecnologías de estabilización de nitrógeno representa una alternativa debido a los altos precios de los fertilizantes nitrogenados, siendo que los estabilizadores de nitrógeno inhiben la nitrificación (nitrapyrin, DCD [dicyandiamide]) reduciendo la conversión de nitrógeno a nitrato y la actividad de la ureasa (NBPT) evitando pérdidas por volatilización en forma de amoníaco (Havlin *et al.*, 2005).

Con la incorporación de Agrotain® cuyo ingrediente activo es el ácido N-(n-butyl) triamida tiofosfórico, el cual bloquea la actividad de la enzima ureasa y por consecuencia retarda la hidrólisis y la volatilización de amoníaco para formar compuestos con NH_4^+ y la segunda urea con el mismo ingrediente activo Agrotain® más azufre (S) como complemento nutricional bajo el principio el binomio N-S se acompaña en diversos procesos fisiológicos vegetales (Barbieri *et al.*, 2010; Linares *et al.*, 2012; Franzen, 2013).

El uso de híbridos y la fertilización nitrogenada son herramientas para aspirar altos rendimientos de grano de maíz; al combinarse con mejores prácticas agronómicas o MPA, como la enmienda de materia orgánica y el encalado de suelos ácidos, la retención de agua en periodos de sequía y drenaje cuando hay exceso de lluvias, eficaz control de malezas y plagas del suelo y follaje (Moreno *et al.*, 2004; Bruulsema *et al.*, 2008; Kibet *et al.*, 2009; Álvarez *et al.*, 2010; Tadeo *et al.*, 2012).

Para lograr altos rendimientos agrícolas, el diagnóstico y la corrección se orienta a puntos finos de eslabones de producción más débiles entre los cuales, tienen alto impacto la fertilización foliar con micronutrientes (Ling y Silberbush, 2002) y aplicación de fito-hormonas (Ferraris y Lucrecia, 2008). Por otra parte, diversos autores acreditan que la fertilización foliar es eficaz cuando es complementaria a la fertilización del suelo (Meléndez *et al.*, 2006; Girma *et al.*, 2007). Esta debe estar orientada con base a diagnóstico químico y deben existir ciertas condiciones que permita obtener buenos resultados en los cultivos (Santos y Aguilar, 1999). Otras referencias sobre la nutrición foliar se han obtenido resultados positivos cuando existen condiciones adversas, por ejemplo: sequías, inundaciones, heladas, toxicidad por aluminio y exceso de carbonatos (Yuncaí *et al.*, 2008) que dificultan la absorción de nutrientes en las raíces de las plantas. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de híbridos de maíz con la aplicación de dos tipos de urea estabilizada y fertilización foliar en Valles Altos del Estado de México.

Materiales y métodos

Los tres experimentos se establecieron en el ciclo agrícola primavera-verano 2013. En el primer sitio se ubica en Ixtlahuaca en las coordenadas (longitud $19^\circ 36.937'$, latitud $99^\circ 51.023'$ y altitud de 2 535 m) la fecha de siembra fue el 18 de abril, con precipitación de 839 mm; el segundo sitio se ubicó en Villa Victoria (longitud $19^\circ 25' 39''$, latitud $99^\circ 55' 12''$ y altitud de 2 519 msnm) se sembró el 10 de mayo y con precipitación de 885 mm; y el tercer sitio en Temascalcingo (longitud $19^\circ 55.459'$, latitud $100^\circ 00.613'$ y altitud 2 377 msnm) se sembró el 18 de mayo, con precipitación 1 181 mm durante el ciclo del cultivo. Las siembras en Ixtlahuaca y Temascalcingo fueron realizadas con 'punta de riego' una vez que la tierra dio punto de humedad y en Villa Victoria la siembra fue en seco y la germinación y emergencia se dieron a finales del mes de mayo después de lluvias ocurridas entre el 13 y 20 de ese mes.

Las condiciones físico-químicas de los suelos de Ixtlahuaca, Villa Victoria y Temascalcingo, respectivamente, fueron: pH 6.48, 4.98 y 6.52 unidades, materia orgánica 2.95, 3.2 y 1.74%, texturas de arcilla, migajón arcilloso y arcilla; densidad aparente de 1.71, 1.42 y 1.53 g cm^{-3} , CIC de 20.2, 10.6 y 12.2 $\text{me } 100 \text{ g}^{-1}$ SS, CE de 0.98, 1 y 2.12 dSm^{-1} , CC de 35, 27.6 y 25%, PMP de 18.9, 14.9 y 12.4%, porosidad de 25, 34 y 35%, Mg de 0.37, 0.63 y 1.64 $\text{me } 100 \text{ g}^{-1}$ SS, K de 0.63, 0.15 y 1.19 $\text{me } 100 \text{ g}^{-1}$ SS. La interpretación de suelos es de baja fertilidad, por presentar bajos contenidos de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico y pobre en nutrientes.

El diseño de los tratamientos se formó al combinar un factorial completo de tres sitios, seis híbridos, con tres tipos de urea y cuatro tratamientos foliares, con cuatro repeticiones, en un diseño de parcelas sub sub divididas, donde la parcela grande fueron los híbridos de maíz de grano blanco (Albatros, H-51AE, BG1384, Syn1806, H-57AE y BG1304), la parcela media para las fuentes de urea (convencional, NitroXtend con Agrotain y NitroXtend con Agrotain + S), y la parcela pequeña para los tratamientos de fertilización foliar con productos comerciales (Testigo, Quimcasa, Disagro y Bios).

La sembradora de precisión se calibró para 95 mil semillas por hectárea en surcos a 0.8 cm. Al momento de la siembra se fertilizó el suelo con la fórmula 80-60-40 de NPK. El resto de nitrógeno (170N) se aplicó en la escarda entre etapa V₄₋₈, en dos momentos diferentes, lo cual fue incorporado al suelo.

Los tratamientos foliares se realizaron en dos momentos: en V₄₋₆ y V₉₋₁₀ y los contenidos de los productos fueron: para el primer tratamiento fue considerado el testigo con aplicación de agua al follaje. En el segundo tratamiento de la empresa Quimcasa, se utilizaron tres productos: en la primera aplicación fue con Q2000, (yodoforo germicida selectivo con bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas, hongos entomopatógenos; el yodo es libre al 0.84%) y la segunda aplicación fue con QCyan (producto orgánico que contiene bacterias fijadoras de nitrógeno) y QEnergy (ácidos húmicos y fúlvicos, carbohidratos, aminoácidos libres, bioestimulantes, macro y micronutrientes).

El tercer tratamiento foliar de la empresa Disagro fue en combinación de tres productos: MaxiStart + Nano Max Fierro + Nano Max Zinc. El MaxiStart (extracto del alga marina *Ascophyllum nodosum* y micronutrientes quelatados con EDTA). Nano Max Fierro (hierro quelatado asociado a complejos derivados de carbohidratos de origen vegetal). Nano Max Zinc (zinc y boro quelatados). Y el cuarto tratamiento foliar fue de la empresa BIOS se usaron dos productos de forma secuencial: BIO Esperanza y BIO Cosecha. Ambos productos contienen nutrientes orgánicos de origen vegetal enriquecido con minerales.

El manejo del cultivo se llevó a cabo con un estricto control de plagas del suelo y del follaje, así como de malezas con escarda y herbicidas. El clima durante el ciclo fue favorable para el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz; alargándose el ciclo por lluvias tardías que permitieron un llenado de grano pleno, sin embargo, retrasaron la fecha de la cosecha porque las mazorcas se mantuvieron con alta humedad hasta diciembre.

Las variables que se midieron con cuatro repeticiones y fueron: altura de inserción de la espiga y mazorca, número de plantas y mazorcas cosechadas, peso de paja, peso de mazorca, peso de grano, peso de olote para el cálculo de índice de grano de la mazorca, número de mazorcas grandes, medianas y chicas. Además, se midieron las variables de producción; peso del grano y porcentaje de humedad del grano, producción de paja y rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad. Al continuar con la caracterización de la mazorca, por metodología se evaluaron de las mazorcas grandes su longitud y diámetro. Las variables evaluadas fueron analizadas con el paquete estadístico SAS Ver 9.3. Las comparaciones de las medias e interacciones fueron separadas con la prueba de Tukey al 5% de error.

Resultados y discusión

El análisis estadístico factorial detectó diferencias altamente significativas en 14 de las 16 variables de estudio ($Pr > F 0.0001$) excepto para la longitud y diámetro de mazorca que no presentaron diferencias significativas (Cuadro 1). Con relación a las variables de campo (1-4, Cuadro 1), la densidad promedio del experimento de plantas cosechadas fue de 90 600 por ha. El promedio de altura de planta y de la mazorca fue de 254 y 144 cm, respectivamente; y el número total de mazorcas cosechadas en promedio fue de 116 425 por ha, las cuales se califican en número 'altas' en comparación a práctica de siembra tradicional en la región del orden de 70 000 plantas ha^{-1} .

Cuadro 1. Significancia y promedio de 16 variables respuesta con respecto al diseño de tratamientos de sitios, híbridos, tipos de urea y fertilización foliar. Valles Altos del Estado de México, INIFAP. 2013.

Variable respuesta	Unidades	R ²	CV	Media	F-valor	Pr > F
1. Densidad	(Plantas ha^{-1})	0.51	6.13	90 600	11.4	<0.0001
2. Altura planta	(cm)	0.59	6.4	254	15.8	<0.0001
3. Altura de mazorca	(cm)	0.61	9.68	144	17	<0.0001
4. Mazorcas cosechadas	(núm ha^{-1})	0.47	11.13	116 425	9.9	<0.0001
5. Índice de mazorcas	(núm)	0.61	44.8	1.2	17.4	<0.0001
6. Mazorcas grandes	(núm)	0.41	27.07	15.5	7.7	<0.0001
7. Mazorcas medianas	(núm)	0.31	23.96	19.3	4.9	<0.0001
8. Mazorcas chicas	(núm)	0.22	32.3	11.7	3.2	<0.0001
9. Índice de grano	(núm)	0.42	4.16	0.82	8	<0.0001
10. Longitud mazorca	(cm)	0.09	44.49	17.3	1.1	0.225
11. Diámetro mazorca	(mm)	0.11	31.89	5	1.4	0.024
12. Peso de mazorca grandes	(g)	0.38	11.17	210.2	6.8	<0.0001
13. Peso	(g L^{-1})	0.55	2.53	770	13.6	<0.0001
14. Humedad grano	(%)	0.51	6.48	16.1	11.4	<0.0001
15. Paja	(t ha^{-1})	0.2	58.89	21.3	2.8	<0.0001
16. Rendimiento al 14%	(t ha^{-1})	0.73	10.75	12.1	30.2	<0.0001

De la variable 5 a 12 del Cuadro 1, se presentan los valores medios de las características de la mazorca de un área colectada en 4 m^2 . Se observa el número de mazorcas grandes, medianas y pequeñas fueron 15.5, 19.3 y 11.7 respectivamente, esta distribución se asemeja a una curva normal. La longitud de la mazorca en promedio fue 17.3 cm y el diámetro de 5.1 cm, pero sin diferencia significativa entre los factores. El índice de grano promedio fue 0.82, del peso de una mazorca 82% corresponde al grano y el resto 18% es del olote. Este valor se encuentra dentro de los valores reportados en la literatura (Hernández y Esquivel, 2004; Pecina *et al.*, 2011). Los híbridos expresaron su máximo potencial dadas las condiciones del manejo y el clima favorable.

De la variable de producción de la 13 a la 16 (Cuadro 1 y 2) los promedios fueron de: peso de 770 $g L^{-1}$, la humedad del grano al momento de la cosecha de 16.1%, el rendimiento de paja de 21.3 t ha^{-1} y la producción de grano ajustada al 14% de humedad de 12.1 t ha^{-1} . Se destaca la producción de paja superior a las 20 t ha^{-1} , significa que tiene valor económico para el agricultor y contrastan

con valores de otras regiones como el Bajío de Guanajuato donde el promedio de rendimiento de paja es del orden de 10 t ha⁻¹, esta relación directa de producción de paja es proporcional a mayor producción de grano en híbridos de alto potencial. Por sitio, todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas (Cuadro 2). Por considerar de mayor relevancia e interés económico se discuten sólo las variables de producción.

Cuadro 2. Medias[‡] de cuatro variables de producción de maíz por tres sitios en Valles Altos del Estado de México, INIFAP. 2013.

Sitio	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
Ixtlahuaca	780.4 a	15.6 b	25.2 a	13.6 a
Villa Victoria	747.4 b	17 a	19.7 b	10.8 c
Temascalcingo	782.3 a	15.6 b	18.8 b	11.7 b
Media	770	16.1	21.2	12
CV	2.5	6.5	58.8	10.7

[‡]= las medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey $p= 0.05$); CV= coeficiente de variación.

El grano más denso correspondió a los sitios de Temascalcingo e Ixtlahuaca con 782.3 y 780.5 g L⁻¹ respectivamente, en contraste al grano de Villa Victoria con peso hectolítrico de 747.4 g L⁻¹. A pesar de que Villa Victoria presentó un valor inferior a los otros sitios, se encuentra dentro del valor mínimo demandado para el proceso de nixtamalización y valor próximo reportado por Vázquez *et al.* (2015); Zamudio *et al.* (2015); Virgen *et al.* (2016). Lo anterior, se debió a que el cultivo tuvo en la etapa reproductiva condiciones favorables la maduración de la mazorca y consecuentemente mayor densidad del grano. De igual modo, se asoció la menor densidad del grano cosechado en Villa Victoria con un mayor porcentaje de humedad y fue 17.03%, lo cual permite deducir el ciclo de la maduración fisiológica fue prolongado. De los tres sitios, Ixtlahuaca destacó el mayor rendimiento de grano de 13.6 t ha⁻¹, lo cual es consistente con la alta producción de paja de 25.2 t ha⁻¹ en acuerdo a lo reportado por Lorenz *et al.* (2010).

El coeficiente de variación general del rendimiento de grano de 10.7, es similar al publicado por González *et al.* (2008) que observaron un valor de 12.8 sobre estudio de la diversidad genética de variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atzacmulco, un tanto mayor al valor de 2.6 a 6.1 del estudio publicado por Kibet *et al.* (2009) sobre el efecto de la humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de Valles Altos de México. Este coeficiente explica una parte del efecto por la irregularidad de las condiciones de sitio como la capa arable del suelo (Chioderoli *et al.*, 2012). Es conveniente separar las fuentes de variación por efecto de sitio e híbridos para conocer la magnitud de la fuente de variación por genotipo y manejo-ambiente (Coutiño y Vidal, 2006).

Lo anterior, se interpreta desde dos enfoques: el primero relativo a la estabilidad y uniformidad de los híbridos probados y que posiblemente deberán formarse con mayor presión de calidad, y el segundo criterio desde el propio manejo en el sitio. Se afirma en acuerdo a Witt *et al.* (2006); Roberts (2007); Bruulsema, *et al.* (2008), para obtener máximo rendimiento deben adoptarse las mejores prácticas agrícolas por sitio específico, para potencializar la capacidad genética de la semilla y el uso de los recursos para aumentar la rentabilidad.

Con relación a los híbridos evaluados en el Cuadro 3, se visualiza el híbrido Albatros se tuvo la mayor densidad de grano promedio de 783.3 g L⁻¹. En contraste los materiales del INIFAP (H-51AE y H-57AE), registraron los menores pesos específicos del grano, pero comercialmente aceptables de 753.1 a 756.6 g L⁻¹. El H-57AE presentó el grano con el mayor contenido de humedad 16.84% al momento de la cosecha, lo cual indica que es un material tardío al compararlos con los otros cinco híbridos. En contraste, los materiales BG384 y Syn1806 registraron los valores más bajos de humedad del grano a la cosecha.

Cuadro 3. Medias[£] de cuatro variables de producción de grano de maíz de seis híbridos en Valles Altos del Estado de México, INIFAP. 2013.

Híbridos	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Albatros	783.3 a	16.4 b	22.6 ab	11.6 d
H-51AE	753 d	15.8 cb	19.6 b	10.2 e
BG1384	776.4 bc	15.6 d	20.1 b	13.8 b
Syn1806	780.4 ab	15.5 d	19.4 b	12.3 c
H-57AE	756.5 d	16.8 a	21.3 ab	10.2 e
BG1304	770.5 c	16.1 c	24.4 a	14.2 a
Media	770	16	21.3	12.1
CV	2.53	6.4	58.8	10.7

[£]= Las medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey 0= 0.05); CV= coeficiente de variación.

El híbrido BG1304 produjo 24.4 t ha⁻¹ de paja seguido por Albatros con 22.6 y el H-57AE con 21.3 t ha⁻¹ respectivamente. Y fueron significativamente mayores los valores comparados contra H-51AE, BG1384 y SYN1806. Se califica estos materiales para el ciclo de condiciones óptimas de lluvia y sin heladas, mostraron su máximo potencial en producción de paja. El grano es la variable de mayor interés económico para el agricultor, por lo tanto y bajo las condiciones ya descritas de clima favorable y con la adopción de las mejores prácticas agrícolas, se destacaron en rendimiento de grano, los híbridos BG1304 con 14.2 t ha⁻¹, seguido por BG1384 con 13.8 t ha⁻¹.

Los dos híbridos del INIFAP, H-51AE y H-57AE, tuvieron los rendimientos de grano más bajos con promedio de 10.2 t ha⁻¹, en comparación a los rendimientos de grano de los híbridos BG (13.7 a 14.2 t ha⁻¹), siendo la diferencia de 3.5 a 4 t ha⁻¹. Se deduce los híbridos de la marca (BG) se adaptaron mejor a las condiciones edafoclimáticas y a un manejo agronómico apropiado. Sin embargo, vale resaltar que los híbridos H-51AE y H-57AE en este estudio superaron a lo reportado por Tadeo *et al.* (2016) quienes evaluaron estos híbridos de maíz de Valles Altos de México con rendimientos de grano de 7.9 y 8.3 t ha⁻¹, respectivamente. Los materiales liberados por el INIFAP suelen ser formados bajo una amplia gama de condiciones agroclimáticas por lo cual sus rendimientos de grano tienden a ser consistentes en diversos escenarios. Lo anterior, está en acuerdo a expresión génica estable encontrada en híbridos de maíz evaluados bajo condiciones contrastantes de humedad y N del suelo por Kibet *et al.* (2009), así como lo publicado por otros grupos de investigadores (Gallais y Hirel, 2004; Guohua *et al.*, 2008) quienes identificaron QTLs en cromosoma 5 de maíz los cuales explican la variación y estabilidad de la eficiencia de uso de N por diversos tipos de maíz.

En la aplicación de los tratamientos de urea estabilizada y enriquecida con azufre (NitroXtend con Agrotain y NitroXtend con Agrotain + S), no tuvieron efectos significativos para las variables de producción como: peso hectolítrico, porcentaje de humedad, rendimiento de paja y grano ajustado al 14% de humedad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias[‡] de cuatro variables de producción de grano de maíz, por efecto de tres tipos de urea en Valles Altos del Estado de México, INIFAP. 2013.

Urea	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
UC	773.6 a	15.8 b	22.4 a	12.1 a
UX	768.6 b	16.1 a	20.6 a	12 a
UXS	767.9 b	16.3 a	20.7 a	12.1 a
Media	770	16.1	21.2	12
CV	2.5	6.5	58.8	10.7

[‡]= Medias con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente (Tukey 0= 0.05); CV= coeficiente de variación; UC= urea convencional; UX= Nitro Xtend con Agrotain; UXS= Nitro Xtend con Agrotain + S.

La respuesta no significativa de los tipos de urea estabilizadas contra la urea convencional se explica primero al fraccionamiento en tres momentos de la dosis de N total y segundo a la adopción de buenas prácticas agrícolas como tapar la urea en la segunda escarda y la ocurrencia de lluvia que incorporó la urea de la tercera aplicación en suelo no alcalino. Así, la probable pérdida por volatilización de la urea convencional fue baja en este estudio. Estos resultados corroboran la respuesta no significativa de fertilizantes de urea con reductores de procesos de la enzima ureasa y pérdidas de nitrógeno por volatilización publicados por Gambaudo y López (2005); Barbieri *et al.* (2010); Linares *et al.* (2012).

Con relación a los tratamientos de fertilización foliar se observaron diferencias significativas para las cuatro variables de producción (Cuadro 5). Adicionalmente se destaca el tratamiento de fertilización FM (Disagro) que impactó en mayor densidad del grano de maíz (772.2 g L⁻¹).

Cuadro 5. Medias[‡] de cuatro variables de producción de grano de maíz por efecto de cuatro tratamientos de fertilización foliar en Valles Altos del Estado de México, INIFAP. 2013.

Foliare	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
FT	767.1 b	16.8 a	18.8 b	11.1 b
FQ	770.6 ab	16.1 b	21.4 b	12.4 a
FM	772.2 a	16.1 b	23.6 a	12.5 a
FB	770.4 b	15.9 b	21.1 ab	12.3 a
Media	770	16.1	21.2	12.1
CV	2.5	6.5	58.8	10.7

[‡]= las medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey $p= 0.05$); CV= coeficiente de variación; FT= testigo foliar; FQ= Quimcasa; FM= Disagro; FB= Bios.

Para producción de paja varió de 18.8 a 23.6 t ha⁻¹, este último corresponde al tratamiento FM (Disagro) que fue superior a los demás tratamientos foliares. El testigo presentó un rendimiento de 11.3 t ha⁻¹ de grano ajustado al 14% en comparación a los tratamientos FB (Bios), FQ (Quimcasa) y FM (Disagro) que presentaron mayores rendimientos de grano con 12.3, 12.36 y 12.49 t ha⁻¹, respectivamente. Se observó que los tres tratamientos de fertilización foliar superaron al menos una tonelada de grano contra el testigo y al razonar los costos de estos productos comerciales en dos aspersiones equivalente aproximadamente a 400 kg de grano de maíz, se deduce en condiciones favorables de clima la fertilización foliar es rentable.

Los anteriores resultados positivos coinciden con numerosas citas publicadas sobre la fertilización foliar en complemento a la fertilización del suelo, entre las cuales se anotan, Santos y Aguilar (1999) quienes concluyen que la aplicación de la fertilización foliar optimiza la capacidad de producción de diversos cultivos; Ferraris y Lucrecia (2008) reportaron incremento en rendimiento de grano con aplicaciones foliares de micronutrientes (Zn y B) hasta 12.2 t ha⁻¹ de grano de maíz en comparación al testigo de 10.2 t ha⁻¹, Potarzycki y Grzebisz (2009) midieron incrementos en promedio de 18% de rendimiento de grano de maíz, con aplicaciones foliares de 1 a 1.5 kg ha⁻¹ de Zn, en la etapa de V₅, e incluso la fertilización foliar de N complementaria a la fertilización de N al suelo en el cultivo de trigo de acuerdo Bakht *et al.* (2010). En maíz Girma *et al.* (2007) lograron el aumento de la eficiencia de uso de P con la fertilización foliar en etapa (V₈) con 4 a 8 kg ha⁻¹ de P (fuente KH₂PO₄) en complemento a la fertilización de fósforo al suelo.

Con relación a la respuesta por interacciones (Cuadro 6), existió diferencia altamente significativa de la producción de grano por efecto de híbrido por urea (0.008^{**}) y de híbrido por foliar (0.012^{**}), pero no fueron significativas por urea x foliar y tampoco en la interacción híbrido x urea x foliar.

Se encontró diferencia significativa para las variables, peso hectolítrico y porcentaje de humedad, rendimientos de paja y grano en las interacciones (híbridos x urea) e (híbridos x foliar). Para producción de paja todas las interacciones dobles y la triple tuvieron diferencia altamente significativa. Para rendimiento de grano la interacción (urea x foliar) e (híbrido x urea x foliar) no tuvieron efectos significativos, por lo tanto, se considera como relevante el factor híbrido en cuanto producción de grano.

Cuadro 6. Significancia estadística (Pr > F) de cuatro variables de producción de grano de maíz por efecto de interacciones. Medias de tres sitios experimentales. Valles Altos del Estado del México, INIFAP. 2013.

Interacción	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
Híbrido x urea	0.031 [*]	0.0001 ^{**}	0.0161 [*]	0.008 ^{**}
Híbrido x foliar	0.007 ^{**}	0.0001 ^{**}	0.008 ^{**}	0.012 ^{**}
Urea x foliar	0.085	0.077	0.046 [*]	0.378
Híbrido x urea x foliar	0.526	0.002 ^{**}	0.001 ^{**}	0.303

^{**}= significativo al 1% por la prueba de F; ^{*}= significativo al 5%; ns= no significativo.

Con el objeto de visualizar e identificar posibles diferencias significativa por tratamientos de fertilización foliar en variables de producción de cada híbrido en lo particular, se formaron seis bloques de híbridos con las interacciones de los tratamientos de fertilización foliar (Cuadro 7). No

hubo diferencias estadísticas significativas por tratamientos de fertilización foliar por híbridos para peso hectolítrico y para rendimiento de paja. Al visualizar los contenidos de porcentajes de humedad de grano de las interacciones híbrido por foliar se observa sólo el híbrido Albatros con el tratamiento sin fertilización foliar el valor fue mayor con 17.3 respecto a los tratamientos de FM (16.04) y FB (15.94). Para este híbrido se afirma la fertilización foliar adelanta la madurez del grano. El resto de los híbridos e interacciones con tratamientos de fertilización foliar no se encontraron diferencia de medias.

Cuadro 7. Comparación de medias [£] de cuatro variables a la cosecha de maíz por efecto de las interacciones dobles de seis híbridos por cuatro tratamientos de fertilización foliar.

Interacción	Peso hectolítrico (g L ⁻¹)	Humedad (%)	Paja (t ha ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
H1FT	783.5 ab	17.3 ab	19.3 b	10.5 fgh
H1FQ	779.4 abc	16.6 abcd	23 b	11.7 cdefg
H1FM	783.5 ab	16 adef	23.5 b	12.2 cd
H1FB	786.7 a	15.9 defg	24.5 ab	12 cdefg
H2FT	752.4 de	15.3 efg	17.4 b	9.6 h
H2FQ	757.7 cde	16.2 bcde	21.2 b	10.5 fgh
H2FM	751 de	16.1 cdef	20.2 b	10.4 gh
H2FB	751 de	15.6 defg	19.5 b	10.4 gh
H3FT	773 abcd	15.9 defg	19.5 b	13 bc
H3FQ	781.2 abcd	15 fg	20.2 b	14.3 ab
H3FM	772.2 abcd	16 cdef	20.4 b	13.9 ab
H3FB	779.2 abcd	15.8 defg	20.2 b	14 ab
H4FT	778.1 abc	15.8 defg	17.3 b	11.3 defg
H4FQ	781.8 abc	15.4 efg	20.1 b	12.9 bc
H4FM	784.3 abc	14.8 g	19.1 b	12.8 bcd
H4FB	777.4 abc	16.1 cdef	21.1 b	12.2 cde
H5FT	748.1 c	17.4 a	19.9 b	9.6 h
H5FQ	753.1 cde	17.1 abc	22 b	10.2 gh
H5FM	762.5 bcd	16.4 abcde	22.6 b	10.5 fgh
H5FB	762.4 bcde	16.4 abcde	20.4 b	10.7 efgh
H6FT	767.6 abcde	15.8 defg	19.2 b b	12.7 bcd
H6FQ	770 abcde	16.2 bcde	21.9 b b	14.6 a
H6FM	779.2 abc	15.78 defg	35.5 b b	15 a
H6FB	765.3 abcde	16.54 abcd	20.9 b b	14.6 a

[£]= Las medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey $p=0.05$).

Hubo diferencias significativas en la producción de grano de maíz por efecto de los tratamientos de fertilización foliar asociada a la interacción de los híbridos H₁ (Albatros), H₄ (Syn1806) y H₆ (BG1304). Lo anterior, porque al comparar las medias en los bloques de dichos híbridos se observa que los tratamientos con FT (testigo) mostraron promedio menor de rendimiento de grano. Se

destacan rendimientos de grano de maíz de las interacciones de H₆ (BG1304) con los tres tratamientos de fertilización foliar con 14.6, 15 y 14.6 t ha⁻¹, para FQ (Quimcasa), FM (Disagro) y FB (Bios), respectivamente, en contra del testigo cuyo rendimiento fue de 12.7 t ha⁻¹.

Los resultados del presente estudio al considerar interacciones positivas de híbridos con algún otro factor de manejo como tipos de urea enfocadas para aumentar la eficiencia de uso de N y los tratamientos de fertilización foliar, coinciden con varios autores entre los cuales se destacan a Kibet *et al.* (2009) con estudios del efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los Valles Altos de México, a Moreno *et al.* (2004) con relación a la selección recíproca recurrente en poblaciones de maíz de Valles Altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno en México, a Reta *et al.* (2003) quienes evaluaron el rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos, a Tadeo *et al.* (2012) con estudios de densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles, de Barbieri *et al.* (2010) para optimizar la fertilización de maíz con urea de liberación lenta, del grupo de Ciampitti y Vyn. (2011) para una mayor comprensión de la relación de densidad de población del cultivo de maíz y la dinámica de absorción y transporte de N de la etapa vegetativa a la reproductiva, estudios de Haishum *et al.* (2006) con un modelo de desarrollo y producción de híbridos de maíz con las variables del sistema agua- suelo- manejo.

De esta manera, se da continuidad a la solución parcial de la problemática expresada por varios autores como los enfoques publicados por Ortiz *et al.* (2007) sobre la producción nacional de maíz y propuestas de acción, de lo escrito por Turrent (2008) sobre la estimación del potencial productivo de maíz en la República Mexicana; lo expresado por Ramírez y García (2014) en estudio de la producción potencial y consumo de maíz en el Estado de México y por Trueba (2012) en su estudio para caracterizar el potencial productivo de las semillas de maíz en México, entre otros autores.

La línea de investigación e innovación tecnológica de maíz no se agota y sugiere a la adopción de nuevos híbridos y la nutrición vegetal, por lo cual es necesario continuar con estudios integrando enfoques agronómicos con evaluaciones metodológicas de enfoque fisiológico y biotecnológico para profundizar en la comprensión y solución de la necesidad de producir más alimentos de manera sustentable y con menos riesgos para el medio ambiente y la salud humana según propuesta de Gallais y Hirel (2004).

Conclusiones

En Valles Altos del Estado de México bajo clima favorable se obtuvieron altos rendimientos de grano de maíz con promedio general fue de 12.07 t ha⁻¹. La mejor combinación de factores para obtener máximos rendimientos de grano de maíz por sitio específico en t ha⁻¹, fueron: para Ixtlahuaca el híbrido BG1384 rindió 15.08 con urea convencional al suelo y fertilización foliar del producto Disagro, para Villa Victoria con el híbrido BG 1304 rindió 13.8 con urea Urea Xtend al suelo y con fertilización foliar del producto Quimcasa; y para Temascalcingo; el híbrido de maíz BG 1304 rindió 14.4 con urea Urea Xtend + S al suelo y con fertilización foliar del producto Disagro. En promedio para las variables peso hectolítrico, humedad y paja fueron de 770.06 g L⁻¹, 16.08% y 21.25 t ha⁻¹, respectivamente, este se debe a la adopción de nuevos híbridos y de las mejores prácticas agrícolas (MPAs) como la fertilización foliar de este estudio.

Literatura citada

- Álvarez, S. J. D.; Gómez, D. A. V. N.; León, M. S. y Gutiérrez, M. F. A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. 44(5):575-586.
- Bakht, J.; Shafi, M.; Zubair, M.; Aman, M.; Shah, K. and Shah, Z. 2010. Effect of foliar vs. soil application of nitrogen on yield and yield components of wheat varieties. *Pakistan. J. Bot.* 42(4):2737-2745.
- Barbieri, P. A.; Echeverría, H. E.; Sainz, R. H. R. y Maringolo, M. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. *Argentina. Ciencias del Suelo*. 28(1):57-66.
- Bianchini, A.; Garcia, F. and Melchiori. R. 2008. Nitrogen in the environment: sources, problems, and management. *In: Hatfield, J. and Follet, R. (Eds.). Elsevier-Academic Press, San Diego, CA. USA. 105-124 pp.*
- Bruulsema, T. W.; Witt, C.; Garcia, F.; Li, S.; Rao, N.; Chen, F. and Ivanova, S. 2008. A global framework for fertilizer BMPs. *USA. Better Crops*. 92(2):13-15.
- Cassman, K. G.; Dobermann, A. and Walters, D. T. 2002. Agroecosystems, nitrogen use efficiency, and nitrogen management. *USA. Agron. Hort.* 31(2):132-140.
- Chioderoli, C. A.; Mello, L. M. M.; Noronha, R. H. D. F.; Pariz, C. M. and Lima, R. C. 2012. Spatial and linear correlations between soil and corn. *Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36(3):765-774.
- Ciampitti, I. A. and Vyn, T. J. 2011. A comprehensive study of plant density consequences on N uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. *USA. Field Crops Research*. 121(1):2-18.
- Ciampitti, I. A. and Vyn T. J. 2014. Understanding global and historical nutrient use efficiencies for closing maize yield gaps. *USA. Agron. J.* 106(6):1-11.
- Coutiño, B. E. y Vidal, M. V. A. 2006. Componentes de varianza de híbridos de maíz evaluados en la faja maicera de los Estados Unidos. México. *Agrociencia*. 40(1):89-98.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Martínez M. R.; Lothrop, J.; Azpiroz, R. S.; Tut, y C. C.; Bonilla, B. J.; María, R. A.; Pérez, C. J. P.; Ávila, P. M. A.; Gámez, V. J. y Salinas, M. Y. 2004. H-50 nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México-INIFAP. Folleto técnico núm. 17. 20 p
- Espinosa C., A., Tadeo, R. M.; Turrent, F. N.; Gómez, M. O.; Sierra, M. M.; Palafox, C. F.; Caballero, R. V. y Flavio, R. M. 2009. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*. 92(92):118-125.
- Ferraris, N. G. y Lucrecia, L. A. 2008. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria con nitrógeno y zinc por vía foliar. *In: experiencias en fertilización y protección del cultivo de maíz. Proyecto Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas. 116-122 pp.*
- Ferraris, N. G.; Coureto A. L. y Toribio, M. 2009. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino (bs as). Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. *In: Proyecto Regional Agrícola, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Informaciones Agronómicas. 10-13 p.*
- Franzen, D. W. 2013. Volatilization losses from urea. *In: Wisconsin Crop Management Conference. 52(1):139-155.*
- Gallais, A. and Hirel, B. 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *J. Exp. Bot.* 55(396):295-306.

- Gambaudo, S. y López, O. 2005. Eficiencia en el uso de los fertilizantes: efecto del inhibidor de la enzima ureasa. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Publicación Miscelánea. 104(1):14-17.
- Girma, K.; Martin, K. L. and Freeman, K. W. 2007. Determination of optimum rate and growth stage for foliar-applied phosphorus in corn com. USA. Soil Sciences and Plant Analysis. 38(9):1137-1154.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el valle Toluca-Atlacomulco, México. Rev. Fitotec. 31(1):67-76.
- Guohua, M.; Fanjun, C. and Fusuo, Z. 2008. Physiological and genetic mechanisms for nitrogen use efficiency in maize. J. Crop Sci. Biotechnol. 10(2):57-63.
- Haishun, Y.; Dobermann, A.; Cassman, K. G.; and Walters, D. T. 2006. Features, Applications, and Limitations of the Hybrid-Maize Simulation Model. Agronomy Journal. 98(1):737-748.
- Havlin, J. L.; Beaton, J. D.; Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 2005. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 7th (Ed.). 153-157 pp.
- Hernández, C. J. M. y Esquivel, E. G. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de Valles Altos de México. Rev. Fitotec. Mex. 27(1):27-31.
- Kibet, S. C.; López, C. C. y Kohashi, S. J. 2009. Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los Valles Altos de México. Agron. Costarric. 1(33):103-120.
- Linares, M.; Barrios, M. y Solórzano, P. 2012. Efecto de la fertilización con urea tratada con inhibidor de la nitrificación sobre el rendimiento y la nutrición del maíz. Rev. Facultad de Agronomía. 38(2):41-48.
- Ling, F. and Silberbush, M. 2002. Response of maize to foliar vs soil application of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers. USA. J. Plant Nutr. 25(11):2333-2342.
- Lorenz, A. J.; Gustafson, T. J.; Coors, J. G. and De Leon, N. 2010. Breeding maize for a bioeconomy: a literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield. Crop Sci. 50(1):1-12.
- Meléndez, L.; Hernández, A. y Fernández, S. 2006. Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. Bioagro 18(2):107-114.
- Moreno, P. E. C.; Beck, L. D.; Cervantes, T. y Torres, F. J. L. 2004. Selección recíproca recurrente en poblaciones de maíz de Valles Altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno en México. Agrociencia. 38(1):305-311.
- Ortiz, C. J.; Ortega, P. R.; Molina, G. J.; Mendoza, R. M.; Mendoza, C. M. C.; Castillo, G. F.; Muñoz, O. A.; Turrent, F. A. y Kato, Y. T. A. 2007. Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. UACH-CP-INIFAP. 29 p.
- Pecina, M. A.; Mendoza, C. M. C.; López, S. J. A.; Castillo, G. F.; Mendoza, R. M. y Ortiz, C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. Rev. Fitotec. Mex. 34(2):85-92.
- Potarzycki, J. and Grzebisz, W. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. Czech Republic. Plant, Soil Environ. 55(12):519-527.
- Ramírez, J. R. y García, S. J. A. 2014. Producción potencial y consumo de maíz en el Estado de México. Agroproductividad. 7(1):1-13.

- Redman, A.; Farrukh, S. M.; Hussain, S. and Akhtar, N. 2011. Grain quality, nutrient use efficiency, and bioeconomics of maize under different sowing methods and NPK levels. *Pakistan J. Agric. Res.* 71(4):586-593.
- Reta, S. D. G.; Gaytán, M. A. y Carrillo, A. J. S. 2003. Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *México. Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):75-80.
- Roberts, T.L. 2007. Right product, right rate, right time, right place. The foundation of BMPs for fertilizer. IFA Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). Brussels, Belgium. *Better Crops.* 91(4):14-15.
- SIAP-SAGARPA. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Información básica. www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15F.
- Santos, A. T. y Aguilar, M. D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoam.* 17(3):247-255.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Chimal, N.; Arteaga, E. I.; Trejo, P. V.; Canales, I. E.; Sierra, M. M.; Valdivia, B. R.; Gómez, M. N.; Palafox, C. A. y Zamudio, G. B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoam.* 30(2):157-164.
- Tadeo, R. M.; Zaragoza, E. J.; Espinosa, C. A.; Turrent, F. A.; Zamudio, G. B.; Virgen, V. J.; Mora, G. K. Y. y Valdivia, B. R. 2016. Productividad de la generación F1 y F2 de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de Valles Altos de México. *Agrociencia.* 50(1):33-41.
- Trueba, C. A. J. 2012. Estudio para caracterizar el potencial productivo de las semillas de maíz en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 211 p.
- Turrent, F. A. 2008. Estimación del potencial productivo de maíz en la República Mexicana. *In: reserva estratégica de alimentos, una alternativa para el desarrollo del campo mexicano y la soberanía alimentaria.* (Ed.). Franco, C. y Álvarez, M. UACH. 111-118. pp.
- Vázquez, C. M. G.; Arellano, V. J. L. y Santiago, R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano y tortilla de maíces híbridos de Valles Altos de México crecidos en riego y temporal. *México. Rev. Fitotec.* 38(1):229-237.
- Virgen, V. J.; Arellano, V. J. L.; Rojas, M. I.; Ávila, P. M. A. y Gutiérrez, H. G. F. 2010. Rendimiento y calidad de semilla en cruces simples de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para Valles Altos, bajo dos densidades de población de Tlaxcala. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):247-255.
- Virgen, V. J.; Zepeda, B. R.; Ávila, P. M. A.; Espinosa, C. A.; Arellano, V. J. L. y Gámez, V. A. 2016. Producción y calidad de semillas de maíz en Valles Altos de México. *Agron. Mesoam.* 1(27):191-206.
- Witt, C.; Pasaquim, J. M. and Dobermann, A. 2006. Toward a site specific nutrient management approach for maize in Asia. *USA. Better crops with plant food.* 90(2):28-31.
- Yu, K. R.; Shi, L. J.; Fu, S. Z.; and Jian, B. S. 2009. Effects of nitrogen fertilizer input on the composition of mineral elements in corn grain. *Agrociencia.* 43(1):21-27.
- Yuncaí, H.; Burucs, Z. and Schmidhalter, U. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *USA. Soil Sci. Plant Nutr.* 54(1):133-141.
- Zamudio, G. B.; Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, R. J. N.; Celis, E. D. I. y Valdivia, B. R. 2015. Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrientes en híbridos de Maíz. *México. Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(6):1557-1569.