

# EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA NUEVA POBLACIÓN INTRODUCIDA DE MAÍZ OPACO-2 (*Zea mays* L.) EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL DE CÓRDOBA

Bertola, A.<sup>1,3</sup>; Monsierra, L.<sup>1,3</sup>; Giraudo, L.<sup>1</sup>; Pérez, G.<sup>2,3</sup>; Mansilla, P.<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Mejoramiento Genético Vegetal. Córdoba. Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Química Biológica. Córdoba. Argentina.

<sup>3</sup>CONICET. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICYTAC). Córdoba. Argentina.

pmansilla@agro.unc.edu.ar

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar y caracterizar una población introducida de maíz *opaco-2* en la región semiárida de Córdoba. La siembra se realizó en diciembre 2018 en el Campo Escuela (FCA-UNC), en una parcela de 10 surcos de 3 m de longitud, distanciados a 0,52 m entre sí. Se realizó una evaluación y caracterización fenotípica (en plantas adultas, panojas y mazorcas) y los datos fueron procesados con el software InfoStat. La población presentó un ciclo de siembra a cosecha de 149 días y a los 73 días alcanzó la plenitud de floración masculina y femenina. Los coeficientes de variación (CV) de los rasgos de plantas adultas no superaron el 20 %; los de panoja variaron entre 11 y 29 % y los de espiga oscilaron entre 8 y 31 %. Los rasgos morfológicos de la mazorca correlacionaron positivamente con el rendimiento (Rto) ( $p < 0,05$ ), indicando una influencia directa en el rinde final del cultivo. La población evaluada presentó buena aptitud agronómica en la zona semiárida de Córdoba, a pesar de las inclemencias climáticas ocurridas durante el ciclo. Los resultados obtenidos en este trabajo representan valiosos aportes preliminares para continuar con la mejora genética de estos genotipos *opaco-2* en la región de estudio.

Palabras clave: polinización libre, rendimiento, adaptación, mejoramiento genético.

## INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo de mayor área sembrada y cosechada del mundo. Además, es el grano más consumido y cuenta con la más amplia cantidad de países participantes en su cadena de producción. Estas características lo convierten al maíz en una excelente materia prima, de la cual, los productos de su transformación, la tecnología para la producción del cereal y sus derivados constituyen elementos centrales en las negociaciones entre países y bloques del mundo (Maizar, 2011).

En Argentina, el maíz constituye la gramínea anual estival de mayor importancia en los planteos agrícolas. Durante la campaña 2020/2021, se sembraron 7,1 millones de hectáreas, con un rendimiento estimado de 75,5 q/ha, alcanzando una producción total de 46 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021). Alrededor del 80% de la producción se concentra en el norte de la provincia de Buenos Aires, el sudeste de Córdoba y el sur de Santa Fe, zona conocida tradicionalmente como "Zona Núcleo Maicera". La provincia de Córdoba concentra el 32,7% de la producción nacional, y en 2018, ocupó el primer lugar entre los granos, superando a la soja. Esto se explica por el

dinamismo del sector de los últimos años y las condiciones climáticas adversas con gran impacto sobre la producción de soja. Si se considera el promedio de los últimos 5 años de la producción de granos argentinos, el maíz ocupa el segundo lugar (cerca de 40 millones de toneladas), después de la soja (53 millones de toneladas) (Ministerio de Hacienda, 2019).

El grano de maíz está compuesto por un 70 % - 75 % de almidón, 8 % - 10 % de proteína, 4 % - 5 % de lípidos, 1 % - 3 % de azúcares y 1 % - 4 % de cenizas. Al igual que la mayoría de los cereales, no proporcionan una fuente balanceada de proteínas, ya que generalmente no superan el 10 % (Earle et al., 1946; Hallauer, 2001; Arendt y Emanuele, 2013).

Las proteínas más abundantes en el endosperma del grano de maíz son las zeínas (especialmente  $\alpha$ -zeínas), las cuales son deficientes en lisina y triptófano. El maíz *opaco-2* posee una característica diferencial debido a la presencia de un gen mutante ( $o2$ ), que en estado homocigota recesivo ( $o2o2$ ) confiere a los granos una apariencia opaca y amilácea (Mertz et al., 1964). Esta condición genética se traduce en un considerable aumento en la concentración de proteínas no-zeínicas (albúminas, globulinas y glutelinas), que en forma natural

contienen mayores niveles relativos de lisina y triptófano (Gibbon and Larkins, 2005), los cuales son aminoácidos esenciales para el ser humano. El genotipo original de maíz portador de este gen estuvo asociado con rendimientos bajos y sensibilidad a diversas plagas y enfermedades. Es por ello, que se realizaron varios trabajos de investigación con el objetivo de desarrollar genotipos que tuvieran el gen *opaco-2*, pero con características agronómicas aceptables y buena calidad del grano. De esta manera, se generaron los genotipos QPM (Quality Protein Maize), es decir, maíz de alta calidad proteica (Vivek et al., 2008).

En la cátedra de Mejoramiento Genético Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA)/UNC, se lleva a cabo desde hace varios años un Plan de Mejoramiento de Maíces Especiales, mediante el cual se trabajó en la introducción y adaptación de distintos genotipos de maíz en la región semiárida maicera de nuestra provincia, entre ellos *opaco-2*. Actualmente, se cuenta con una variedad adaptada que se encuentra en proceso de inscripción en el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Paralelamente, dentro del grupo se focaliza el estudio en la evaluación y mejora de la calidad nutricional de los granos de estos tipos varietales, con el fin de destinarlos como materia prima para la producción de alimentos con

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de una población proveniente de la colección "Chalqueño Opaque", introducida del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México, se realizó un primer ciclo de adaptación en años anteriores en el Campo Escuela de la FCA, cuyas semillas se utilizaron en el presente trabajo. El material genético forma parte del Plan de Mejora de Maíces Especiales, FCA-UNC.

### Metodología a campo

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de una práctica de Iniciación Profesional de la carrera de Ingeniería Agronómica. El ensayo se realizó en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba durante los meses de diciembre y mayo del año 2018 y 2019, respectivamente. La región se caracteriza por tener un clima templado semiárido con invierno seco. El régimen de precipitaciones es monzónico con una concentración de lluvias entre octubre y abril.

La **Figura 1** muestra la ubicación de la parcela experimental dentro del Campo Escuela en donde se llevó a cabo el ensayo. En la misma, se sembró la población de maíz *opaco-2* el día 26 de diciembre de 2018, la cual fue distribuida en 10 surcos de 3 m de largo, distanciados a

propiedades diferenciales y funcionales (Mansilla, 2018; Mansilla et al., 2019, 2020).

Una de las nuevas líneas de estudio del equipo de trabajo, es ampliar la base genética de los materiales dentro del programa, con el fin de promover el mejoramiento aplicado de maíz en nuestra región. La introducción, adaptación selección y caracterización de nuevo germoplasma sería útil para brindar importantes recursos genéticos a los productores locales y definir estrategias para su conservación y explotación. Simultáneamente, los genotipos obtenidos representarían fuentes materiales genéticos para expandir la biodiversidad de los sistemas agrícolas y proporcionar la materia prima para la producción de alimentos a base de maíz (Mansilla et al., 2021).

En el mejoramiento poblacional de maíz, se selecciona continuamente sobre la base genética de los genotipos, lo que conduce al desarrollo de materiales superiores en cada ciclo de selección y multiplicación (Hallauer y Carena, 2012). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y caracterizar fenotípicamente una nueva población introducida de maíz *opaco-2* durante un ciclo de cultivo, en la zona maicera central de la provincia de Córdoba, y de esta manera, obtener aportes preliminares sobre su potencial de adaptación en la región.

### Material genético

0,52 m entre sí, con una densidad de 5 plantas por m lineal y sin repeticiones.

El sistema de siembra utilizado fue manual, con una semilla por golpe (**Figura 2**). Se llevaron a cabo las prácticas culturales necesarias durante el ciclo del cultivo, incluyendo desmalezado, aporque, monitoreo, control de plagas y enfermedades.

En el periodo de floración, se realizó una selección aproximadamente del 40 % de las plantas con mejores características *per se* (evitando los bordes de la parcela) y se cubrieron tanto las inflorescencias femeninas (espigas), previo a la emergencia de los estigmas, como las inflorescencias masculinas (panojas), previo a la antesis (**Figura 3**). De este modo, se logró, por un lado, evitar cruzamientos con polen foráneo de genotipos de parcelas contiguas; por el otro, se logró recolectar polen para realizar la polinización de forma manual (**Figura 4**). Las plantas elegidas como femeninas fueron cruzadas con una mezcla de polen de plantas masculinas de la misma población, evitando la autofecundación. Esta etapa fue una de las más laboriosas de todo el ciclo, debido a que fue necesario visitar diariamente el ensayo para realizar una polinización correcta y efectiva. El resto de las plantas se dejaron polinizar libremente.



**Figura 1.** Imagen satelital (*Google Earth Pro*) de la ubicación de la parcela experimental de la población de maíz *opaco-2* (2018-2019) en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.



**Figura 2.** Siembra manual de la parcela experimental con la población de maíz *opaco-2* en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

Posterior a la polinización, las plantas seleccionadas fueron etiquetadas para poder individualizarlas y se caracterizaron fenotípicamente de acuerdo a la descripción de cultivares del INASE. Se tomaron las siguientes variables: altura de planta (AP, m), altura de inserción de la espiga principal (AIEP, cm), longitud de entrenudo de la espiga principal (LE, cm), número de

hojas (NH), número de espigas por tallo (NEsp), diámetro de tallo (DT, cm), ancho de hoja (AH, cm), longitud de lámina (LL, cm). En las panojas, se midió la longitud del eje de las ramificaciones primarias (LRam, cm), longitud del pedúnculo (LPedunc, cm) y número de ramificaciones primarias (NR).



**Figura 3.** Plantas de maíz con bolsas de cruzamiento para polinización dirigida dentro de la población de maíz *opaco-2*.

Al momento de la cosecha (cuando el grano alcanzó una humedad próxima al 18 %), se separaron las espigas que fueron cruzadas en forma manual con las que fueron libremente polinizadas. Aquellas que fueron cruzadas solamente con plantas de la misma población, fueron elegidas como semilla genética para la siembra del próximo ciclo de selección y evaluación. Posteriormente, se tomaron medidas de las mazorcas, como el diámetro (DEsp, cm), longitud (LEsp, cm), número de hileras (NHil) y número de granos por espiga (NGE). Luego, las mazorcas fueron trilladas y se determinó el peso de 100 granos (P100, g) para poder estimar el rendimiento (Rto) de la población en quintales por hectárea (q/ha), ajustado al 14% de humedad.

#### **Análisis estadístico**

Las variables relevadas se analizaron con el programa InfoStat. Se realizó estadística descriptiva mediante medidas de resumen, como valores medios, máximos, mínimos y coeficiente de variación, los cuales sirven para caracterizar el conjunto de datos que constituyen la muestra tomada de la población. Las relaciones entre variables fueron determinadas mediante un test de correlación de *Pearson* ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4.** Polinización manual de plantas de la población de maíz *opaco-2*.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La población presentó un porcentaje de germinación de 57,2 % y a los 73 días desde la siembra (dds) (09 de marzo de 2019), alcanzó la plenitud de floración masculina y femenina. Durante el ciclo, ocurrió una fuerte caída de granizo en la zona que causó grandes daños en el cultivo en etapa vegetativa (prefloración). No obstante, las plantas de la población lograron recuperarse, probablemente por la gran cantidad de precipitaciones caídas durante todo el período del cultivo, presentando bajo porcentaje de acame (8,3 %) y llegando a cosecha un 70 % de las plantas. La cosecha se realizó manualmente a los 149 días (24 de mayo de 2019) y el rendimiento promedio de la población fue de 59,25 q/ha.

#### **Rasgos de la planta**

En la **Tabla 1** se muestran los valores medios, coeficientes de variación (CV), mínimos y máximos de las variables fenotípicas relevadas en las plantas adultas. Todos los rasgos presentaron un CV menor al 20 %. Este parámetro resultó relativamente bajo, lo que sugiere que las plantas fueron similares dentro de la población. Esta baja variabilidad intrapoblacional se observó mayormente en AP y NH, cuyos valores oscilaron entre 1,85 a 2,55 m y 14 a 19, respectivamente. Estos resultados son comparables a los obtenidos por San Vicente et al. (2005) en híbridos de maíz QPM evaluados en Venezuela.

**Tabla 1.** Medidas de resumen de las variables fenotípicas relevadas en las plantas adultas de la población del maíz *opaco-2*.

Variable	Media	CV	Mínimo	Máximo
AP (m)	2,16	8,66	1,85	2,55
AIEP (cm)	112,10	11,49	87,50	138,00
LE (cm)	12,55	17,51	9,00	22,00
NH	16,28	8,46	14,00	19,00
NEsp	1,03	15,43	1,00	2,00
DT (cm)	2,33	16,40	1,50	3,10
AH (cm)	9,40	11,84	7,10	11,30
LL (cm)	90,48	11,10	70,00	108,00

AP: altura de planta. AIEP: altura de inserción de la espiga principal. LE: longitud de entrenudos. NH: número de hojas. NE: número de espigas. DT: diámetro del tallo. AH: ancho de hoja. LL: longitud de lámina. CV: coeficiente de variación.

### Rasgos de la panoja

Las variables de las panojas presentaron un CV mayor que los rasgos de plantas adultas (**Tabla 2**), sugiriendo una mayor heterogeneidad entre individuos relevados. El número de ramificaciones mostró el mayor CV, cuyo valor medio fue superior al obtenido por Loste y Mansilla (2018) en una población de maíz *opaco-2* adaptada a la zona semiárida de Córdoba.

**Tabla 2.** Medidas de resumen de las variables fenotípicas relevadas en las panojas de las plantas de la población del maíz *opaco-2*.

Variable	Media	CV	Mínimo	Máximo
LRam (cm)	30,60	11,96	25	38,50
LPedunc (cm)	13,71	22,98	7,00	19,00
NR	17,50	29,04	8,00	27,00

LRam: longitud del eje de ramificaciones primarias de la panoja. LPedunc: longitud de pedúnculo. NR: número de ramificaciones primarias de la panoja. CV: coeficiente de variación

### Rasgos de la mazorca

Las características de las mazorcas presentaron un CV menor a 30 % (**Tabla 3**). El rendimiento medio obtenido por la población fue ligeramente superior al reportado por Loste y Mansilla (2018) en una población de maíz *opaco-2*. Otros estudios informaron rendimientos superiores en híbridos QPM probados en Venezuela (70 q/ha) (San Vicente et al. 2005). Por otro lado, los valores de LEsp y DEsp (**Tabla 3**) fueron similares a los obtenidos por Castro Muñoz et al. (2008) en variedades andinas de maíz *opaco-2*.

**Tabla 3.** Medidas de resumen de las variables fenotípicas relevadas en las mazorcas de las plantas de la población del maíz *opaco-2*.

Variable	Media	CV	Mínimo	Máximo
LEsp (cm)	14,64	14,97	8,50	18,50
DEsp (cm)	4,40	8,63	3,60	5,20
NHil	14,63	16,59	10,00	22,00
NGE	386,74	29,94	169,00	594,00
P100 (g)	28,55	25,52	15,63	40,04
Rto (q/ha)	59,25	30,37	27,35	101,21

LEsp: longitud de espiga. DE: diámetro de espiga. NHil: número de hileras. NGE: número de granos por espiga. P100: peso de los cien granos. Rto: rendimiento. CV: coeficiente de variación.

Al analizar las correlaciones entre las variables analizadas ( $p < 0,05$ ), se obtuvo que LEsp, DEsp, NGE y P100 correlacionaron positivamente con Rto ( $r=0,59$ ,  $r=0,62$ ,  $r=0,53$  y  $r=0,48$ , respectivamente) (**Tabla 4**), indicando que los rasgos morfológicos de la mazorca están asociados directamente al rinde final del cultivo. En concordancia con esto, Andrade et al. (1996) demostraron una relación directa entre el número de granos por mazorca y el rendimiento. Asimismo, Rto correlacionó positivamente ( $p < 0,05$ ) con NH ( $r=0,4$ ) y con AH ( $r=0,57$ ) (**Tabla 4**), sugiriendo que el número y tamaño de las hojas influyeron directamente en el rendimiento en grano. Estos resultados concuerdan con el trabajo de Ortas (2008), quien concluyó que el número de hojas está fuertemente relacionado con el potencial productivo en maíz. En consistencia con esto, la fuerte correlación positiva obtenida entre AH y DEsp ( $r= 0,74$ ) (**Tabla 4**), indica que un mayor ancho de las hojas derivó en mayor diámetro de las mazorcas. Las asociaciones entre caracteres obtenidas en este trabajo, resultan relevantes para establecer criterios de selección indirecta al momento de evaluar la población en próximas generaciones.

### CONCLUSIONES

La población de maíz *opaco-2* evaluada en este estudio presentó buena aptitud agronómica en la zona semiárida de Córdoba. A pesar de las inclemencias climáticas ocurridas durante el ciclo (caída de granizo), la población logró recuperarse, presentando bajo acame y llegando a cosecha un considerable stand de plantas. Cabe destacar que el cultivo no fue fuertemente afectado por plagas y enfermedades, contribuyendo a su buena performance agronómica. Los resultados obtenidos en este trabajo representan valiosos aportes preliminares para futuros ciclos de selección y evaluación, lo que permitirá

continuar con el estudio de la adaptación y mejora genética de estos genotipos *opaco-2* en la zona de estudio.

Se adquirieron conocimientos agronómicos respecto al manejo y conducción de ensayos de maíz, monitoreo del cultivo, análisis estadístico de datos y mejoramiento genético vegetal. Asimismo, se vivió una inigualable

experiencia personal, tanto en la integración y transferencia de conceptos con la práctica aplicada, como por la constante interacción con profesores y profesionales que aportan continuamente la construcción de conocimientos y experiencias para mi futuro profesional como Ingeniera Agrónoma.

**Tabla 4.** Correlaciones de Pearson entre las variables fenotípicas de la población de maíz *opaco-2*.

	AP	AIEP	LE	NH	DT	AH	LEsp	DEsp	NGE	P100	Rto
AP	-										
AIEP	0,52**	-									
LE	0,22	0,04	-								
NH	0,52**	0,5**	0,15	-							
DT	0,37*	0,58**	0,1	0,48**	-						
AH	0,17	0,54**	-0,24	0,34*	0,47**	-					
LEsp	0,3	0,16	0,0032	0,09	0,34*	0,15	-				
DEsp	0,07	0,24	-0,19	0,12	0,3	0,74**	0,23	-			
NGE	0,24	0,38*	-0,02	0,26	0,31	0,21	0,58**	0,19	-		
P100	0,12	-0,02	-0,17	0,16	0,07	0,43*	-0,1	0,46*	-0,46*	-	
Rto	0,39*	0,36*	-0,17	0,4*	0,37*	0,57**	0,59**	0,62**	0,53**	0,48*	-

\* = p valor <0,05; \*\* = p valor < 0,01. AP: altura de planta. AIEP: altura de inserción de la espiga principal. LE: longitud de entrenudos. NH: número de hojas. DT: diámetro del tallo. AH: ancho de hoja. LEsp: longitud de espiga. DEsp: diámetro de espiga. NGE: número de granos por espiga. P100: peso de los cien granos. Rto: rendimiento.

## AGRADECIMIENTOS

A todo el equipo de Maíces Especiales por darme la oportunidad de formar parte del maravilloso grupo, en especial al tutor de este trabajo, Pablo Mansilla, quien me guió durante gran parte de mi paso por la facultad. Agradecer también a mi familia, por el incondicional acompañamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Andrade FH, Cirilo A, Uhart S, Otegui ME. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Edit. La barrosa, Dekalpress, Argentina, 292 p.

Arendt EK, Emanuele Z. 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. Edit. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 484 p.

Bolsa de Comercio de Rosario. 2021. Informe de estimación mensual nacional para el ciclo 2020/21. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones> (10 de enero de 2021).

Castro-Muñoz M, Sevilla-Panizo R. 2008. Calidad proteica en segregantes de cruces de dos fuentes del gen *opaco-2* con variedades andinas de maíz. Ecol. Apl. vol 7:173-181. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a21v7n1-2.pdf> (17 de mayo de 2020).

Earle FR, Curtis JJ, Hubbard JE. 1946. Composition of the component parts of the corn kernel. Cereal Chemistry 23:504-511.

Gibbon B, Larkins B. 2005. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. Trends in Genetics 21:227-233.

Hallauer AR. 2001. Specialty Corns. 2nd ed. Edit. CRC Press, Washington D.C., USA, 496 p.

Hallauer AR, Carena MJ. 2012. Recurrent selection methods to improve germplasm in maize. Maydica 57:266-283.

Loste N, Mansilla P. 2018. Caracterización de un nuevo cultivar de maíz *opaco-2* (*Zea mays* L.). Nexo agropecuario 6 (1-2):12-19.

MAIZAR. 2011. *El maíz, primero en el mundo*. Recuperado de: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=392> (17 de mayo de 2020).

Mansilla PS. 2018. Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays* L.): selección para calidad agroalimentaria. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Mansilla PS, Nazar MC, Pérez GT. 2019. Evaluation and comparison of protein composition and quality in half-sib families of *opaco-2* maize (*Zea mays* L.) from

- Argentina. *Agriscientia* 36:39-53. DOI: 10.31047/1668.298x.v36.n1.2268.
- Mansilla PS, Nazar MC, Pérez GT 2020. Flour functional properties of purple maize (*Zea mays* L.) from Argentina. Influence of environmental growing conditions. *International Journal of Biological Macromolecules* 146:311-319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.246>
- Mansilla PS, Bongianino NF, Nazar MC and Pérez GT. 2021. Agronomic and chemical description of open-pollinated varieties of opaque-2 and purple maize (*Zea mays* L.) adapted to semiarid region of Argentina. *Genetic Resources and Crop Evolution*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01133-4>
- Mertz ET, Bates LS, Nelson OE. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145:279–280.
- Ministerio de hacienda. 2019. *Informes de cadena de valor*. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ssp\\_micro\\_cadenas\\_de\\_valor\\_maiz.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ssp_micro_cadenas_de_valor_maiz.pdf) (17 de mayo de 2020).
- Ortas L. 2008. *El cultivo de maíz: fisiología y aspectos generales*. Recuperado de: <https://rdu-demo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (21 de junio de 2020).
- San Vicente G, Marín R, Díaz D. 2005. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela. *Agronomía Tropical* 55(3):397-410.
- Vivek BS, Krivanek AF, Palacios-Rojas N, Twumasi-Afriyie S, Diallo AO. 2008. Mejoramiento de maíz con calidad de proteína (QPM): Protocolos para generar variedades QPM. Edit. CIMMYT, México D.F. 56 p.