

CP-Vero 1, white maize (*Zea mays*) synthetic variety resistant to head smut (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) for Mexican highlands

CP-Vero 1, variedad sintética de maíz (*Zea mays*) blanco, resistente a carbón de la espiga (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) para el altiplano de México

Carlos De León-García de Alba, Especialidad de Fitopatología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, CP.56230. *Correo para correspondencia: cdeleon@colpos.mx.

Recibido: 09 de Octubre, 2019.

Aceptado: 26 de Noviembre, 2019.

De León-García de Alba C. 2020. CP-Vero 1, white maize (*Zea mays*) synthetic variety resistant to head smut (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) for Mexican highlands. Mexican Journal of Phytopathology 38(1): 170-175.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1910-2

Primera publicación DOI: 07 de Diciembre, 2019.

First DOI publication: December 07, 2019.

Resumen. En la producción de maíz, el agricultor se encuentra ante la alternativa de sembrar semilla comercial de maíz híbrido o semilla de polinización libre incluyendo variedades mejoradas o poblaciones nativas. La semilla de maíz híbrido tiene un alto costo, es necesario comprar semilla nueva para cada siembra mientras que la semilla de una variedad mejorada puede sembrarse por varios años, puede competir en rendimiento con un híbrido, es de bajo costo y puede compartirse entre agricultores. Una variedad sintética ofrece ventajas adicionales sobre una variedad mejorada común,

Abstract. In maize production, farmers face the alternative of planting commercial hybrid maize seed, or an open pollinated variety including an improved variety or a native local variety. Hybrid maize seed is costly, new seed has to be planted each season and seed of the desired hybrid is difficult to find, while seed of an improved open pollinated variety can be planted for several years, at par in grain yield with a hybrid, it is of low cost, and can be shared between farmers. The advantage of an open pollinated synthetic variety over a normal improved open pollinated variety is a higher grain yield, more uniformity in flowering time and phenotype. This work presents activities resulting in obtaining the open pollinated synthetic variety with white endosperm CP-Vero 1 following an S_1 recurrent selection program for good agronomic characters and resistance to head smut.

Key words: Genetic resistance, S_1 recurrent selection.

con buen rendimiento de grano y uniformidad en floración y fenotipo. Este trabajo presenta actividades involucradas en la obtención de la variedad sintética de maíz de endospermo blanco CP-Vero 1 siguiendo un programa de selección recurrente de líneas S_1 para obtener buenas características agronómicas y resistencia al carbón de la espiga.

Palabras clave: Resistencia genética, selección S_1 recurrente.

La enfermedad del carbón de la espiga, causada por el basidiomiceto *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*, se ha diseminado por varias regiones del país en localidades de Jalisco, Durango, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas y Aguascalientes, pero su distribución puede ser aún más extensa (Aquino-Martínez *et al.*, 2011). Recientemente, se ha reportado en los valles del Mezquital y de Toluca en donde se siembran semillas de maíces híbridos que han mostrado susceptibilidad a la enfermedad. La enfermedad invade la planta en forma sistémica y los síntomas de su infección son visibles con daños en mazorca y/o la espiga (Figura 1).

Como parte del control de ésta enfermedad, se inició el proyecto para generar variedades de polinización libre de maíz con buenas características agronómicas y con resistencia genética a la enfermedad. La resistencia genética se considera la forma más eficiente y económica para el control de ésta y otras enfermedades en los cultivos (Pandey y Gardner, 1992).

El programa de mejoramiento para desarrollo de una variedad sintética que contenga caracteres agronómicos deseables y resistencia genética al carbón de la espiga se inició con el desarrollo de una población de maíz con endospermo blanco con amplia base genética. Esta población se formó

Head smut, a disease caused by the *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae* basidiomycete, has quickly spread across several Mexican regions, including the states of Jalisco, Durango, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas and Aguascalientes, but the disease could spread even farther (Aquino-Martínez *et al.*, 2011). Recently, it has been detected in the Mezquital and Toluca valleys where hybrid maize seed that has shown to be susceptible to the disease is planted. The disease invades the plant systemically and its visible infection symptoms are damage to maize ears and/or tassels (Figure 1).

As part of head smut control management, a project was launched to develop open-pollinated maize varieties with good agronomic traits and genetic resistance to the disease. Genetic resistance is considered the most effective and economic method for controlling this and other crop diseases (Pandey and Gardner, 1992).

The improvement program responsible for developing a synthetic variety containing desirable agronomic traits and genetic resistance to head smut started by developing a broad-based white endosperm maize population. The population was formed by recombining a total of 45 samples collected in the Mexican highlands in isolated plots during two cycles; the collection included commercial hybrids, as well as improved and native materials, with good agronomic performance. To avoid self-fertilization, the collected germplasm was recombined by planting each component in 2 rows 5 m long that were detasseled, and a balanced mixture of all entries was planted as male every 2 rows. The recombination plots were established in a farmer's land in the ejido Santa Teresa Tiloxtoc, Valle de Bravo, State of Mexico (19° 13' N, 100° 107' W, 1740 masl). After two recombining cycles, the base population (C0) was formed, and from this, a S_1 recurrent selection program



**Figura 1. Signos y síntomas del carbón de la espiga en partes reproductivas del maíz.
Figure 1. Signs and symptoms of head smut in the reproductive parts of a maize plant.**

recombinando en lotes aislados, por dos ciclos, un total de 45 colectas de maíces del altiplano de México con buen comportamiento agronómico, incluyendo híbridos comerciales, variedades mejoradas y nativas. Para evitar autofecundaciones, el germoplasma colectado se recombinó sembrando cada componente en 2 surcos de 5 m de largo que se desespigaron y cada 2 surcos se sembró con una mezcla balanceada de todas las entradas como macho. Los lotes de recombinación se establecieron en terreno de un agricultor en el ejido de Santa Teresa Tiloxtoc, en Valle de Bravo, México (19° 13' N, 100° 107' W, 1740 msnm). Después de dos ciclos de recombinación se formó la población base (C0), sobre la cual se inició un programa de selección recurrente de S_1 (Pandey y Gardner, 1992), autofecundando aproximadamente 400 plantas deseables en cada ciclo de mejoramiento y generando semilla S_1 en cada ciclo. La semilla de familias S_1 seleccionadas se inoculó con una suspensión acuosa de 1%

was started (Pandey and Gardner, 1992) by self-pollinating approximately 400 desirable plants in each improvement cycle and obtaining S_1 seed in each cycle. Seed from the selected S_1 families was inoculated with 1% carboxymethyl cellulose aqueous suspension with 1.7×10^7 teliospores mL^{-1} from the pathogen (Quezada-Salinas *et al.*, 2013). The inoculated seed was planted, one ear per row without replications, in a greenhouse established in the ejido Cinta Larga, Mixquiahuala, Hidalgo (20° 11' N, 99° 14' W, 2100 masl), where the disease occurs under natural conditions.

Approximately 33% of the S_1 lines that were inoculated and selected based on their desirable agronomic traits and disease resistance were recombined plant to plant, in order to start a new improvement cycle of the base population. Simultaneously, during each evaluation cycle of S_1 lines, groups of 10-12 lines with a desirable specific trait (uniform flowering date, plant and ear height,

de carboximetilcelulosa con 1.7×10^7 teliosporas mL^{-1} del patógeno (Quezada-Salinas *et al.*, 2013). La semilla inoculada se sembró, mazorca por surco, sin repeticiones, en un vivero establecido en el ejido Cinta Larga, en Mixquiahuala, Hidalgo ($20^\circ 11' \text{ N}$, $99^\circ 14' \text{ W}$, 2100 msnm) en donde se presenta la enfermedad en condiciones naturales.

Aproximadamente 33% de las líneas S_1 inoculadas y seleccionadas de acuerdo a caracteres agronómicos deseables y resistencia a la enfermedad, se recombinaron planta a planta para iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento de la población base. Simultáneamente, en cada ciclo de evaluación de líneas S_1 , se seleccionaron grupos de 10-12 líneas con un carácter específico deseable, como son uniformidad en fecha de floración, altura de planta y mazorca, precocidad, etc. Estos grupos de líneas se cruzaron mediante el esquema dialélico con cruces directas para generar la F_1 de nuevas variedades sintéticas experimentales que se avanzaron a F_2 para ser incluidas en ensayos agronómicos con otras variedades obtenidas en ese u otros ciclos, e híbridos comerciales y medir su comportamiento agronómico y rendimiento de grano. Este proceso de mejoramiento poblacional es continuo.

En ensayos de rendimiento establecidos con semilla F_2 de variedades experimentales obtenidas de líneas del ciclo C_3 - S_1 , la variedad experimental Blanca 13 fue seleccionada por sus caracteres sobresalientes, incluyendo mejor calidad y aspecto de grano y llenado de mazorca sobre otros materiales considerados en los mismos ensayos (Cuadro 1). En 2017, ésta variedad seleccionada se sometió ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para aprobación como nueva variedad denominada CP-Vero 1, fue entregada al Colegio de Postgraduados al que se otorgó el título de obtentor número 1831. Semilla certificada de ésta variedad se encuentra en producción en lotes de agricultores con buenos resultados (Figura 2).

early maturity, among others) were selected, and then crossed using the diallel scheme with direct crosses to generate F_1 of new experiment synthetic varieties that were advanced to F_2 to be included in agronomic trials along with other varieties obtained from that or another cycle, and commercial hybrids, and thus measure their agronomic performance and grain yield. The population improvement is continuous.

In yield trials using F_2 seed of the experiment varieties obtained from lines of the C_3 - S_1 cycle, Blanca 13 was selected because of its outstanding traits, such as better quality and aspect, as well as ear filling, compared to other materials included in the same trials (Table 1). In 2017, this variety was submitted to the National Service Seed Inspection and Certification (SNICS, for its acronym in Spanish) for approval as a new variety known as CP-Vero 1, and delivered to Colegio de Postgraduados, which holds the breeder's title number 1831. Certificate seed of this variety is being produced in farmers' plots with good results (Figure 2).

CP-Vero 1 is a high yielding, white grain synthetic maize variety, with a high level of resistance to head smut and low cost, that can be planted for several years. The impact of this project on society is farmers' income increase, because of the low cost of the seed and increased maize productivity, as a result of the variety's good yield and disease resistance, which prevents the disease from spreading. This synthetic variety is registered with SNICS and owned by Colegio de Postgraduados for distribution and commercialization.

The S_1 recurrent selection improvement program established as part of this project involves the improvement of an initial genetic broad-based population to obtain S_1 lines whose agronomic performance and resistance to head smut are evaluated using artificial inoculations of the pathogen, thus contributing to the development of

Cuadro 1. Promedio de dos ensayos agronómicos de evaluación de caracteres agronómicos de tres variedades experimentales y un testigo en dos localidades. 2015. (Segundo ensayo para registro en el SNICS).
Table 1. Average from two agronomic trials of three experiment varieties and one check in two sites. 2015. (Second trial to be registered with SNICS).

Origen Toluca 15	Rendimiento (tha ⁻¹)	Días polen	Días estigmas	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
Blanca 13	8.6 a ^z	85 a	89 a	198 b	103 ab
Test.BG1384W	8.1 ab	86 a	89 a	204 a	101 ab
Blanca 18	8.6 a	86 a	89 a	201 ab	95 a
Blanca 7	8.5 a	85 a	89 a	201 ab	95 a
Media	8.4	85.5	88.7	201.8	99.2
CV (%)	13.9	1.29	1.56	2.9	4.99
DMS (0.05 %)	1.1	2.2	2.7	11.9	9.9

^z Letras similares, estadísticamente los tratamientos son iguales / ^z Similar letters indicate that the treatments are statistically equal.



Figura 2. Lote de producción de semilla certificada de la variedad sintética CP-Vero 1. Huejotzingo, Puebla 2019.
Figure 2. Certified seed production plot of CP-Vero 1 synthetic variety. Huejotzingo, Puebla, 2019.

La variedad sintética de maíz CP-Vero 1 es de alto rendimiento, de grano blanco, con resistencia genética al carbón de la espiga, es de bajo costo y se puede volver a sembrar por varios años. El impacto de éste proyecto hacia la sociedad, es el incremento de ingreso del agricultor debido al bajo costo de la semilla y al incremento de la productividad del maíz por su buen rendimiento y resistencia a la enfermedad, con lo que se evita su diseminación. Esta variedad sintética está registrada en el SNICS y es propiedad del Colegio de Postgraduados para su distribución y comercialización.

El programa de mejoramiento de selección S_1 recurrente implementado involucra el mejoramiento de una población inicial con amplia base genética de la que se generan líneas S_1 , que se evalúan por comportamiento agronómico y resistencia al carbón de la espiga usando inoculaciones artificiales del patógeno, permitiendo la generación de nuevas variedades experimentales en cada ciclo de mejoramiento.

new experiment varieties during each improvement cycle.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

## LITERATURA CITADA

- Aquino-Martínez JG, Sánchez-Flores A, González-Huerta A y Sánchez-Pale JR. 2011. Resistencia de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays*) a *Sporisorium reilianum* y su rendimiento de grano. Revista Mexicana de Fitopatología 29:39-49. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v29n1/v29n1a4.pdf>
- Pandey S and Gardner CO. 1992. Recurrent selection for population, variety, and hybrid improvement in tropical maize. Advances in Agronomy 28:1-87. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60935-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60935-9)
- Quezada-Salinas A, De León-García de Alba C, Hernández-Anguiano AM y Nava-Díaz C. 2013. Evaluación de métodos de inoculación de semillas de maíz con *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae* (Kuhn) Langdon & Fullerton. Revista Mexicana de Fitopatología 31:80-90. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v31n2/v31n2a1.pdf>