

CP-Tania 5, white maize variety horse's tooth (*Claviceps gigantea*) resistant for Mexican highlands

CP-Tania 5, variedad de maíz blanco resistente al diente de caballo (*Claviceps gigantea*) para el altiplano de México

Carlos De León-García de Alba*, Fitopatología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230; **Alma Rosa Solano-Báez**, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, Departamento de Ciencias Biológicas, Boulevard. Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n, Los Mochis, Sinaloa, CP 81223, México; **Guillermo Márquez-Licona**, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8, Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, CP 62731, México; **Jesús Ricardo Sánchez-Pale**, Facultad de ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerritos, Toluca, Estado de México. *Autor para correspondencia: cdeleon@colpos.mx.

Recibido: 28 de Junio, 2021.

Aceptado: 03 de Agosto, 2021.

De León-García de Alba C, Solano-Báez AR, Márquez-Licona G and Sánchez-Pale JR. 2021. CP-Tania 5, white maize variety horse's tooth (*Claviceps gigantea*) resistant for Mexican highlands. Mexican Journal of Phytopathology 39(3).

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2106-4>

Primera publicación DOI: 11 de Agosto, 2021.

First DOI publication: August 11, 2021.

Resumen. En el Colegio de Postgraduados se desarrolló la variedad sintética de maíz de grano blanco con buenas características agronómicas y resistencia al diente de caballo para zonas de transición y altiplano de México. *C. gigantea* ha sido reportado solo en México, sin embargo, se ha distribuido en zonas productoras de maíz en el altiplano y zonas de transición con clima fresco y alta humedad.

Abstract. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, has developed a new white endosperm synthetic maize variety with good agronomic characters and resistance to the "horse's tooth" disease for highlands and transition zones of México. The "horse's tooth" disease has only been reported in Mexico where it has distributed to several maize producing areas with high humidity and cool climate. The variety was developed by recombining 10 S_1 lines generated from a genetically broad based white endosperm maize population improved following a S_1 recurrent selection program. The lines obtained were selected for desirable agronomic characters after inoculating with macroconidia of the fungus and recombined. F_1 seed of the experimental synthetic varieties was advanced to F_2 and were planted in experimental agronomic trials from which the experimental synthetic variety CP-Tania 5 was selected. This

La variedad se generó recombinando 10 líneas S_1 generadas a partir de una población base de maíz con endospermo blanco y amplia base genética. La población se mejoró siguiendo un programa de selección recurrente en líneas S_1 . Las líneas obtenidas se seleccionaron después de inocular con macroconidios del hongo y las mejores se recombinaron para generar variedades sintéticas, entre las cuales la variedad CP-Tania 5 fue sobresaliente. Esta variedad sintética ofrece rendimiento de grano que compite con el de híbridos comerciales, la semilla es de menor costo, puede sembrarse por varios ciclos en condiciones limitantes y puede distribuirse entre agricultores.

Palabras clave: Variedad sintética, selección S_1 recurrente

La enfermedad del diente de caballo es causada por el estado teleomorfo del ascomiceto *Claviceps gigantea* (Fuentes *et al.*, 1964) cuyo estado anamorfo *Sphacelia* sp. tiene una amplia distribución en condiciones de campo. La enfermedad se ha reportado únicamente en México, inicialmente en el valle de Toluca, Edo. Mex. y la sierra tarasca en Pátzcuaro, Michoacán (Fuentes *et al.*, 1964) pero se ha diseminado a localidades de Puebla e Hidalgo (De León-García de Alba *et al.*, 2017), donde prevalecen condiciones de alta humedad relativa y bajas temperaturas. En estas regiones, en donde se establecen tanto maíces híbridos como variedades locales con susceptibilidad a la enfermedad, se han reportado pérdidas de hasta 100 % de la producción de grano (Meléndez-Carbajal, 2015).

La enfermedad se origina cuando, al madurar los granos de maíz infectados por el hongo, se desarrollan en forma de esclerocios (Figura 1A), estructuras de reposo que les permite invernar. Durante la cosecha, estos esclerocios caen al suelo y permanecen en estado de dormancia durante el

synthetic variety offers grain yield that competes with the commercial hybrids, its seed is cheaper, can be planted for several cycles in stress conditions and can be distributed between farmers.

Key words: Synthetic variety, S_1 recurrent selection.

Horse's tooth disease is caused by the teleomorphic state of the ascomycete *Claviceps gigantea* (Fuentes *et al.*, 1964), with the *Sphacelia* sp. anamorphous stage which has a wide distribution under field conditions. The disease has only been reported in Mexico, initially in the Valley of Toluca, State of Mexico, and the Tarascan range in Pátzcuaro, Michoacán (Fuentes *et al.*, 1964), but it has spread to locations in Puebla and Hidalgo (De León-García de Alba *et al.*, 2017), in which high humidity conditions and low temperatures prevail. In these regions, in which hybrids and local varieties are established, all susceptible to the disease, losses of up to 100% of the grain production have been reported (Meléndez-Carbajal, 2015).

The disease originates when the mature maize grains infected by the fungus develop into sclerotia (Figure 1A), dormant structures to hibernate. During harvest, these sclerotia fall to the ground and remain in dormancy during the winter, to reactivate their metabolism with rains in the next planting season. When they reactivate, the sclerotia germinate, forming stipes (stems) with heads on the apex, where perithecia form, containing asci with ascospores (Figure 1B). These ascospores are the infectious structures of the fungus that penetrate the ear after infecting fresh stigmas. In their asexual phase, the sclerotia develop micro and macroconidia, which can also penetrate the ear, infecting the fresh stigmas (Moreno-Moreno, 2016).

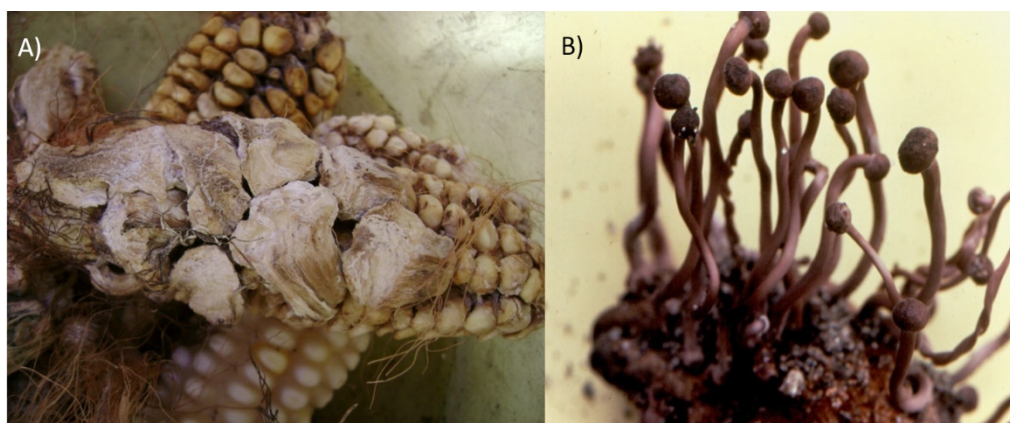


Figura 1. Esclerocios del diente de caballo en mazorcas de maíz (A) y germinación de esclerocios de *C. gigantea* en que se forman peritecios con ascosporas (B).

Figure 1. Horse's tooth sclerotia in maize ears (A) and germination of *C. gigantea* sclerotia, where perithecia are formed, with ascospores (B).

invierno para reactivar su metabolismo en la siguiente temporada de siembra con la estación de lluvias. Al reactivarse, los esclerocios germinan formando estípites (tallos) con cabezuelas en el ápice en las que se forman peritecios que contienen ascas con ascosporas (Figura 1B). Estas ascosporas son las estructuras infectivas del hongo que penetran la mazorca infectando estigmas frescos. En su fase asexual, los esclerocios desarrollan micro y macroconidios que también pueden penetrar en la mazorca infectando los estigmas frescos (Moreno-Moreno, 2016).

Como parte del control de esta enfermedad y objetivo de la investigación, se inició un programa de mejoramiento para desarrollar variedades sintéticas de polinización libre de maíz con buenas características agronómicas y resistencia genética a la enfermedad. La resistencia genética se considera la forma más eficiente y económica de control de ésta y otras enfermedades de cultivos (Pandey y Gardner, 1992).

Programa de mejoramiento. El programa de mejoramiento para desarrollar germoplasma

As a part of the control of the disease, a breeding program was initiated to develop synthetic open-pollinated maize varieties with good agronomic characters and genetic resistance to the disease. Genetic resistance is considered the most efficient and cheapest way to control this and other crop diseases (Pandey and Gardner, 1992).

Breeding program. The breeding program to develop germplasm with desirable agronomic characters and genetic resistance to the horse's tooth disease began with the formation of a maize population with white endosperm and a wide genetic base. This base population of white endosperm was formed by recombining in isolated plots, for two cycles, a total of 45 different types of maize collected in the highlands with desirable agronomic characters, including commercial hybrids, and improved and native varieties. The recombination plots were established in the field owned by a farmer in the *ejido* of Santa Teresa Tiloxtoc, in Valle de Bravo, State of Mexico (19° 13' N, 100° 07' W, 1880 masl, mean relative humidity of 65%). After the initial recombination (C_0), a recurring

con caracteres agronómicos deseables y resistencia genética al diente de caballo se inició con la formación de una población de maíz con endospermo blanco de amplia base genética. Esta población base de endospermo blanco se formó recombinando en lotes aislados, por dos ciclos, un total de 45 diferentes maíces colectados en el altiplano con comportamiento agronómico deseable, incluyendo híbridos comerciales, variedades mejoradas y nativas. Los lotes de recombinación se establecieron en terreno de un agricultor en el ejido de Santa Teresa Tiloxtoc, en Valle de Bravo, Edo. Mex. (19° 13' N, 100° 07' W, 1880 msnm, Humedad Relativa media 65%). Después de la recombinación inicial (C_0), se inició un programa de selección recurrente con líneas S_1 (Pandey y Gardner, 1992), con la autofecundación de aproximadamente 400 plantas deseables en cada ciclo de selección y generando semilla S_1 en cada ciclo. Semilla de las S_1 obtenidas, se sembraron una mazorca por surco en un vivero establecido en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México en la localidad de El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Edo. Mex. (19° 24' N, 99° 4' W, 2660 msnm), donde se presenta la enfermedad en condiciones naturales. Mazorcas provenientes de familias S_1 seleccionadas por caracteres agronómicos fueron inoculadas con una suspensión acuosa de 100 000 macrosporas mL^{-1} del patógeno *Sphacelia* sp. obtenidas en medio T2 (Pažoutová *et al.*, 2004).

Aproximadamente 33% de las líneas S_1 inoculadas y seleccionadas por características agronómicas deseables y resistencia a la enfermedad, se recombinaron para iniciar un nuevo ciclo de selección de la población base. Este proceso de mejoramiento poblacional fue continuo. Simultáneamente, en cada ciclo de evaluación de S_1 , se seleccionaron grupos de 10 a 12 líneas con un atributo específico deseable, como sincronía en floración masculina y

selection program was initiated with S_1 lines (Pandey and Gardner, 1992), by self-pollination of approximately 400 desirable plants in each selection cycle and producing S_1 seed in each cycle. Seeds obtained from S_1 plants were planted ear-to-row, in a nursery established in the Experimental Field of the Autonomous University of the State of Mexico, in El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, State of Mexico (19°24'N, 99°41'W, 2660 masl), where the disease occurs naturally. Ears from the S_1 families selected for agronomic characteristics were inoculated with an aqueous suspension of 100 000 macrospores mL^{-1} of the pathogen *Sphacelia* sp. obtained in a T2 medium (Pažoutová *et al.*, 2004).

Approximately 33% of the S_1 lines inoculated and selected for desirable agronomic characters and resistance to the disease were recombined to begin a new selection cycle from the base population. This population improvement process was continuous. At the same time, in each S_1 evaluation cycle, groups of 10 to 12 lines with a specific desirable attribute, such as high grain yield, synchrony in male and female flowering, plant and ear heights, and resistance to the disease, were selected. These groups of lines were crossed in diallel to produce the F_1 of new experimental synthetic varieties, which were advanced to F_2 to be included in agronomic trials with other varieties obtained and commercial hybrids as checks, to measure their agronomic characters and grain yield.

In yield trials established with F_2 seeds from experimental varieties obtained from lines of the C_3 - S_1 cycle, the experimental variety Blanca 13 was selected for its outstanding characteristics over other genotypes included in the same trials (Table 1). In 2018, this selected variety was submitted for approval to the SNICS as a new variety called CP-Tania 5. The variety was approved and it was

femenina, altura de planta y mazorca, precocidad y resistencia a enfermedad. Estos grupos de líneas se cruzaron en dialelo 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 e híbridos comerciales y medir su comportamiento agronómico y rendimiento de grano.

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 características sobresalientes sobre otros genotipos incluidos en los mismos ensayos (Cuadro 1). En 2018, esta variedad seleccionada se sometió ante el SNICS para aprobación como nueva variedad, llamada CP-Tania 5, fue entregada al Colegio de Postgraduados, que fue reconocido con el título de Obtentor No. 2559, registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales-CNVV (MAZ-2179-210220) para su distribución y comercialización. Semilla básica de ésta variedad se produjo en 2019 en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillos, Edo. de Mex. (Figura 2).

La variedad sintética de maíz CP-Tania 5 es de alto rendimiento (8.6 t ha^{-1}), posee resistencia genética



Figura 2. Lote de producción de semilla básica de la variedad sintética de maíz CP-Tania 5. Montecillo, Edo. Méx. 2019.

Figure 2. Basic seed production plot for the synthetic maize variety CP-Tania 5. Montecillo, Edo. Méx. 2019.

delivered to the Colegio de Postgraduados with the title of Breeder No. 2559, registered in the National Catalog of Plant Varieties-CNVV (MAZ-2179-210220) for its sale and distribution. In 2019, Basic seed of this variety was produced in the Experimental Field of the Colegio de Postgraduados in Montecillos, State of Mexico (Figure 2).

Cuadro 1. Comportamiento agronómico de la variedad sintética de maíz blanco CP-Tania 5 (Toluca, Estado de México 2017). (Segundo ensayo requerimiento del SNICS).

Table 1. Agronomic characters of the white synthetic maize variety CP-Tania 5 (Toluca, State of Mexico 2017). (Second trial required by SNICS).

Genealogía	Origen CL-16	ASI ^z	Índice altura	Aspecto planta (1-5)	No. mazorcas podridas	Rendimiento (t ha^{-1})
Blanca 13	EV 3	0.95 a	0.52 a	1.2 a	0.7 a	8.6 a
Testigo	BG1384W	0.96 a	0.49 ab	1.5 ab	0.7 a	8.7 a
Blanca 18	EV 2	0.96 a	0.48 ab	1.7 b	0.0 a	7.6 a
Blanca 7	EV 1	0.95 a	0.47 ab	1.9 b	0.7 a	7.5 b
Promedio		0.95	0.49	1.57	0.52	8.1
DMS (5%)		0.2	0.03	0.583	0.2	0.98
CV (%)		16.7	21.2	17.4	29.5	17.7

^zAnthesis Sillking Interval.

al diente de caballo, es de bajo costo y se puede sembrar por varios años. La incorporación de esta variedad en la producción puede conducir a importantes beneficios como 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, evitando de esta forma la diseminación de la enfermedad.

The maize synthetic variety CP-Tania 5 is high yielding (8.6 t ha⁻¹), genetically resistant to horse's tooth, low-cost and can be planted for several years. Incorporating this variety into production may lead to important benefits, such as the increase in the farmer's income, due to the low cost of the seed and the increase in maize productivity, due to its high yield and resistance to the disease, avoiding the spread of the disease.

LITERATURA CITADA

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

- De León-García de Alba C, Solano-Báez AR y Sánchez-Pale JR. 2017. Identificación y desarrollo de cultivares de maíz con alto rendimiento y resistencia al diente de caballo del maíz (*Claviceps gigantea* Fuentes, De la Isla, Ullstrup y Rodríguez). Reporte de Proyecto a SENASICA. 8 p.
- Fuentes SF, De la Isla ML, Ullstrup AJ and Rodríguez AE. 1964. *Claviceps gigantea*, a new pathogen of maize in México. *Phytopathology* 54(4): 379-381.
- Meléndez-Carbajal B. 2015. Control biológico de *Claviceps gigantea* Fuentes *et al.* y *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg con hongos antagonistas nativos del valle de Toluca, México, en condiciones *in vitro*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo. Piedras Blancas, Municipio de Toluca, México. 82 p.

- Moreno-Moreno CE, De León-García de Alba C, Nava DC and Sánchez-Pale JR. 2016. Germinación de esclerocios y formación de ascosporas de *Claviceps gigantea* Fuentes, De la Isla, Ullstrup y Rodríguez. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(3): 223-241 <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1603-2>
- Pandey S and Gardner CO. 1992. Recurrent selection for population, variety, and hybrid improvement in tropical maize. *Advances Agronomy* 28: 1-87.
- Pažoutová S, Kolarík M and Kolínská R. 2004. Pleomorphic conidiation in *Claviceps*. *Mycological Research* 108(2): 126-135. <https://doi.org/10.1017/S0953756203009067>