SUSCEPTIBILIDAD DE MAÍCES HÍBRIDOS Y CRIOLLOS AL HUITLACOCHE (*Ustilago maydis* (D.C.) Cda.), Y RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN, EN CHAPINGO, MÉXICO.

Autores: E. Martínez-Trejo[1]; J.C. Salazar-Torres[2]; R. Álvarez-Hernández[3]; A. Méndez-López[4], A. Curiel-Rodriguez[5], E.A. Pérez-Godinez[6]

[1]Calle Francisco I Madero #1, San Mateo Huexotla, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230. MÉXICO. Correo-e: malti15@gmail.com (Autor responsable).

[2] Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MEXICO. Correo-e: jocusamx@yahoo.com

[3] Departamento de Preparatoria Agricola, Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MEXICO. Correo-e: roger_owl_uach@yahoo.com.mx

[4] Departamento de Medios Audiovisuales y Nuevas Tecnologías. Subdirección de difusión cultural. Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MEXICO. Correo-e: subexser@correo.chapingo.mx

[5]Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MEXICO. Correo-e: acuriel@correo.chapingo.mx

[6]Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MEXICO. Correo-e: eyepo01@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se evaluó la susceptibilidad de 12 variedades de maíz criollo y cinco híbridos a la infección del huitlacoche, su rentabilidad y el efecto de la temperatura y humedad relativa en el proceso de infección del hongo. El experimento se realizó bajo un arreglo experimental de bloques al azar. El mejor rendimiento (14.402 $t \cdot ha^{-1}$ de huitlacoche) se obtuvo con el híbrido Oso, así como el más alto índice de severidad con 3.08 (50% de cubrimiento de la mazorca por el hongo), y la mejor utilidad con $4.43 y $15.29 en temporada y fuera de ella, respectivamente. El híbrido Cobra presentó el mayor porcentaje de incidencia con 85.83%. Los maíces criollos B6 y R13 tuvieron rendimientos superiores a 5.000 $t \cdot ha^{-1}$ y ganancias en temporada de $2.25 y $1.08, respectivamente y fuera de ella de $8.75 y $7.36. Los maíces de la raza Ancho (B3 y B6) y Elotes Chalqueño-Bolita (R12) fueron los más susceptibles al huitlacoche. En cuanto a las variables ambientales; la temperatura media del día en que se llevó a cabo la inoculación (TºCDI) y la humedad relativa del período de inoculación (Hr%PI) fueron los factores que más influyeron en la producción de huitlacoche.

Palabras clave adicionales: *Zea mays,* cultivo de huitlacoche, factores ambientales, variedades de maíz.

SUSCEPTIBILITY OF HYBRID AND LANDRANCE VARIETIES OF MAIZE TO HUITLACOCHE (*Ustilago maydis* (D.C.) Cda.) AND PROFITABILITY OF PRODUCTION IN CHAPINGO, MEXICO.

ABSTRACT

This study evaluated the susceptibility of 12 landrace varieties of maize and five hybrids to huitlacoche infection, profitability and the effect of temperature and relative humidity in

the infection process of this fungus. The experiment was conducted under an experimental arrangement of randomized complete blocks. The best yield (14.402 t•ha-1 of huitlacoche) was showed, with the hybrid Oso, as well as the highest severity index with 3.08 (50% corncob coverage by the fungus), and the best monetary utility at $4.43 and $15.29 inside and outside season, respectively. The hybrid Cobra had the highest porcentaje of incidence with 85.83%. The landraces B6 and R13 had superior yields to 5.000 t•ha^{-1} and season earnings of $2.25 and $1.08 respectively and $8.75 and $7.36 aoutside season.Maizes of the race Ancho (B3 and B6) and Elotes Chalqueño-bolita (R12) were the most susceptible to huitlacoche. Regarding environmental variables, the average temperature of the day in which the inoculation was performed (TºCDI) and the relative humidity of incubation period (Hr%PI) were the most influential factors in the production of huitlacoche.

Additionals keys words: *Zea mays*, huitlacoche grow, enviromental factors, varieties of maize.

INTRODUCCIÓN

El huitlacoche [*Ustilago maydis* (D.C.) Corda], conocido también como carbón común del maíz, es un hongo comestible que se desarrolla como una enfermedad en este cultivo (Villanueva *et al*., 2007); debido al incremento de su popularidad como alimento ha sido considerado como un cultivo alternativo (Vanegas *et al*., 1995).

En México, el precio por kilogramo de huitlacoche varía en torno a $15, en la época de producción natural de julio y agosto; y entre 60 y 120 pesos, fuera de dichos meses; aunque de manera extraordinaria ha llegado a valer hasta $ 380.00 el kilogramo en el mes de abril (Villanueva, 1997).

Diferentes estudios han permitido la producción exitosa del huitlacoche, y se ha encontrado que la técnica de inoculación por inyección produce excelentes rendimientos y buena calidad del hongo (Valdez *et al*., 2009). Estos mismos autores probaron producir huitlacoche utilizando maíces criollos y obtuvieron rendimientos de hasta 15 t·ha^{-1} con esta técnica de inoculación. En el caso de los maíces híbridos se ha realizado mucha investigación e inclusive se ha probado producir bajo condiciones controladas, en donde el rendimiento rebasa las 7 t·ha^{-1} (Madrigal *et al*., 2010).

La evaluación de genotipos de maíz para fines de producción de huitlacoche, permiten conocer el nivel de susceptibilidad genética (Pan *et al*., 2008). Las variedades de maíz difieren en su susceptibilidad a este hongo, siendo los maíces dulces los más sensibles (Christensen, 1963; Valverde, 1992; Vanegas *et al.*, 1995), por tal razón el objetivo del presente trabajo fue evaluar la susceptibilidad de 12 variedades de maíces criollos y cinco híbridos al huitlacoche (*Ustilago maydis*) y valorar su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental "San Ignacio" de la Universidad Autónoma Chapingo (19º 29'N y 98º 53'O); a una altitud de 2240 msnm, con temperatura y precipitación medias anuales de 15.2 ºC y 636.5 mm, respectivamente (García, 1988).

La siembra se realizó el 30 de marzo de 2011. Las unidades experimentales consistieron de dos surcos de 5.0 m de longitud, por 0.80 m de ancho, dejando 0.20 m entre plantas. El arreglo experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 17 tratamientos. Se utilizó la fórmula general de fertilización 250-130-80, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fosforo y potasio en la siembra y el resto del nitrógeno se aplicó 65 días después, el cual se suplió con 320 kg de lombricomposta.

Los 12 maíces criollos evaluados se ubicaron en las razas abajo indicadas con base en las siguientes características: Color de Grano (CG), Altura de planta (AP) y Días a Floración Femenina (DFF); seleccionando solo aquellos de altitudes similares al sito de estudio. Éstos fueron B2: Chalqueño, Blanco cremoso (BC), 2.25 m y 103; B3: Ancho, BC, 2 m y 113; B4: Chalqueño, BC, 2.7 m y 119; B5: Cacahuacintle, BC, 1.6 m y 88; B6: Ancho, BC, 2.2 m y 110; B7: Chalqueño-bolita, BC, 3 m y 120; N8: Elotes chalqueños, Azul, 2.8 m y 117; N9: Elotes cónicos, Azul Oscuro (AO), 1.7 m y 87; N10: Elotes chalqueños, AO, 1.7 m y 87; N11: Elotes chalqueños, AO, 2.1 m y 113; R12: Elotes chalqueño-bolita, Rojo Oscuro (RO), 2.7 m y 122; R13: Elotes cónicos, RO, 1.7 m y 84. Los cinco maíces híbridos (Oso, Cobra, Tigre, A7573 y 30T26) fueron los recomendados por las empresas semilleras para la zona.

Para la inoculación se utilizó la cepa IM409, la cual fue aislada e incrementada en cajas de Petri con medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar); misma que se llevó a cabo

cuando los estigmas de los jilotes alcanzaron de 3 a 5 cm de longitud fuera de las brácteas, el inóculo se aplicó con una jeringa Vet Matic®, inyectando 1.5 ml de la suspensión en dos puntos equidistantes del jilote, para un total de 3.0 ml por jilote, a una concentración de $1x10^6$ basidiosporas·ml^{-1} de agua.

Los datos se empezaron a registrar 24 días después de la inoculación, cuando las agallas del hongo se han desarrollado completamente (abultamiento y crecimiento deforme de la mazorca); las variables estudiadas fueron las siguientes: a) Índice se severidad (IS). Es la proporción de los elotes cubierta con las agallas formadas por el hongo, para ello se definieron cinco grados de severidad (Cuadro 1). El IS se calculó con una función de probabilidad, en donde las proporciones obtenidas permitieron conocer la esperanza y la varianza, para aplicar la prueba de *t*-Student. b) Porcentaje de Incidencia (PI). Es el cociente del número de jilotes infectados con algún grado se severidad dividido entre el número de jilotes inoculados multiplicado por 100; c) Gramos por mazorca infectada (GMI). Es el peso total en g del huitlacoche desgranado de todos los elotes infectados dividido entre el número de elotes infectados por el hongo; d) Rendimiento por hectárea. Se obtuvo al multiplicar la densidad de población de maíz (62,500 plantas·ha^{-1}) por los GMI, el PI y el número de jilotes por planta.

Cuadro 1. Grados de severidad con base en la proporción de la mazorca cubierta con agallas del huitlacoche.

Grados de severidad	Proporción de mazorca infectada
Severidad 1 (G1)	1-10%
Severidad 2 (G2)	>10-25%
Severidad 3 (G3)	>25-75%
Severidad 4 (G4)	>75-90%
Severidad 5 (G5)	>90-100%

Durante el periodo de inoculación se registro la temperatura media y la humedad relativa diarias, las cuales se correlacionaron con los gramos por mazorca infectada.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysys System) versión 9.0., para estandarizar los datos se aplicó el modelo Winsorized, el cual se basa en medias reducidas y varianzas ajustas. Posteriormente se utilizó la prueba de *t*-Student para hacer la comparación de medias con un α= 0.05.

$$W(p) = \frac{(g+1)x_{g+1} + x_{g+2} + \ldots + x_{n-g-1} + (g+1)x_{n-g}}{n}$$

De donde;

El subíndice "*p*" es ajustada

n: indica el número de observaciones

$\chi_{(1)}$: indica el i-ésimo orden estadístico cuando las observaciones son arregladas en orden ascendente: $\chi_{(1)} \leq \chi_{(2)} \leq \ldots \leq \chi_{(n)}$ correspondientes ordenados de forma ascendente.

g = casos de cada extremo

$g = \left[\frac{p \times n}{100} \right]$ corresponde a la parte entera del porcentaje de n.

Para conocer la rentabilidad de los tratamientos evaluados, se realizó un análisis económico, mismo que permitió comparar los costos totales en relación con los ingresos netos y totales, siguiendo la metodología usada por Galindo (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Susceptibilidad del maíz al huitlacoche: En la Figura 1A se observa el Índice se severidad (IS) y en la 1B el Porcentaje de Incidencia (PI) obtenidos en las 17 variedades de maíces estudiadas e inoculadas con la cepa IM409. Los maíces mejorados presentaron el IS más alto, siendo el híbrido Oso el de mayor valor (3.08); le siguen el A7573 (2.77), 30T26 (2.69) y Tigre (2.37); los criollos que mejor respondieron a la inoculación fueron el R12 (rojo oscuro), N9 (azul oscuro) y B7 (blanco), mismos que no presentaron diferencia significativa con respecto al híbrido Cobra (blanco) cuyo IS fue de 2.16. En este sentido, Calderón (2010) reporta que el valor del IS generado por cada cepa de huitlacoche no está totalmente relacionado con la variedad ni el color del maíz, lo que indica que aun cuando las variedades de maíz blanco son las más susceptibles, esto más bien depende de la virulencia de la cepa. En cuanto a la variable PI, se observa que la cepa utilizada tuvo un alto potencial infectivo, dado que todas las variedades estudiadas presentaron algún grado de infección. Los valores de PI más altos se obtuvieron con los híbridos Cobra (85.83%), Oso (84.50%), A7573 (78.52%) y

en los criollos R12 (85.00%), B7 (83.37%) y B3 (73.05%), el resto de los criollos presentaron un PI menor a 70%. En este sentido, Valdez, *et al.* (2009) evaluaron la producción de huitlacoche en 15 variedades criollas, y reportaron valores de PI que variaron de 30.9 a 92.00%, datos que coinciden con los encontrados en el presente trabajo.

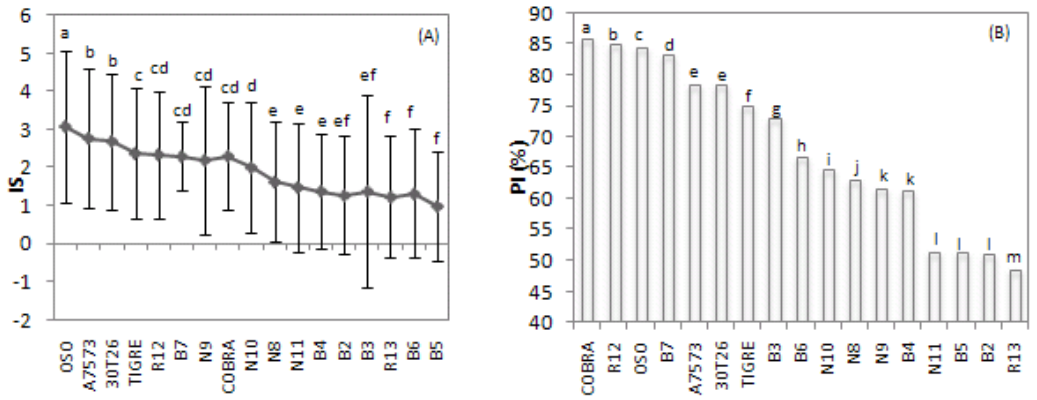

Figura 1. (A) IS: Índice de Severidad (Porcentaje promedio del elote cubierto por agallas de *U. maydis*) ± error estándar; y (B) PI: Porcentaje de Incidencia de *U. maydis* en las 17 variedades de maíz inoculadas artificialmente. Letras diferentes indican diferencia estadística.

En cuanto a la producción de huitlacoche por mazorca infectada (Figura 2A) se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre las variedades estudiadas; los híbridos que presentaron mayor peso por mazorca infectada fueron el Oso (133.4 g), A7573 (127.20 g), 30T26 (105.09 g) y Cobra (101.31 g), en tanto que de los criollos, los mejores fueron el B6, B3, R13 y N9 (101.13, 94.46, 89.82 86.84 g, respectivamente). Respecto a la variable rendimiento se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los maíces híbridos y las variedades criollas. Dentro del grupo de los híbridos, el Oso resultó ser el que obtuvo el mayor rendimiento de huitlacoche desgranado (14.102 $t \cdot ha^{-1}$) seguido del Cobra y A7573 (11.946 y 11.841 $t \cdot ha^{-1}$, respectivamente); mientras que de los materiales criollos los más productivos fueron los de la raza Ancho (B6 y B3), con rendimientos que superaron las 6.000 $t \cdot ha^{-1}$, siendo el criollo B5 de la raza Cacahuacintle el menos productivo (2.247 $t \cdot ha^{-1}$). Al respecto, Martínez *et al.* (2000) reportan que en ensayos experimentales y comerciales a cielo abierto, los mejores rendimientos se obtienen cuando se inocula la mazorca en etapa de jilote, alcanzándose hasta 12 $t \cdot ha^{-1}$ de hongo fresco, condiciones que se ajustan a las del

presente trabajo, cuyos rendimientos son superados por el híbrido Oso, el cual se evaluó en este trabajo.

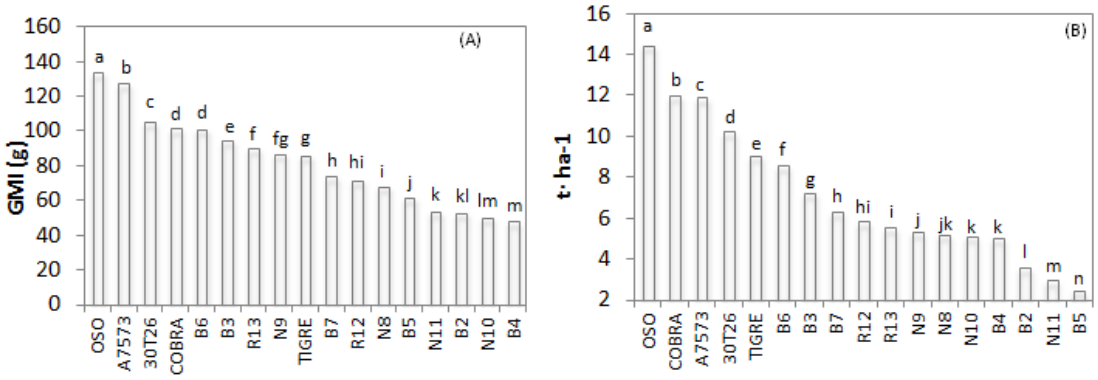

Figura 2. (A) GMI: Gramos por Mazorca Infectada y (B) Rendimiento de huitlacoche en t·ha de las 17 variedades de maíz inoculadas artificialmente con *U. maydis*. Letras diferentes indican diferencia estadística.

En relación a la temperatura (T) y humedad relativa (Hr) diarias registradas tanto del día de inoculación (DI) como durante todo el periodo del desarrollo del hongo (PIn), se encontró que afectaron de manera diferente la producción de huitlacoche en las variedades estudiadas, a excepción de los maíces B3, B4, N11, R12, 30T26 y Cobra, cuya producción no dependio del comportamiento de estos factores ambientales, como lo demuestra el análisis de correlación lineal (Cuadro 2). Así mismo, el aumento en la temperatura del día de la inoculación (TDI) estimuló el desarrollo del huitlacoche en las variedades B5, N8, N9, R13, Oso y A7573, pero afectó de manera negativa el rendimiento en las variedades B6 y B7. El híbrido Tigre mejoró su rendimiento cuando aumentó la humedad relativa del día de la inoculación (HrDI), en cambio las variedades B5, B7, N8, N9 y R13 respondieron mejor a humedades relativas bajas.

Durante el período de inoculación las temperaturas bajas y humedades relativas altas favorecieron el desarrollo del huitlacoche en las variedades N8, N10 y A7573; mientras que las temperaturas altas y humedades relativas bajas en el mismo periodo afectarón de manera positiva la producción del hongo en los maices B5, R13 y Oso. La produccion de huitlacoche con el material N9 tuvo una relacion directa con el aumento de la temperatura del periodo de inoculación (TPIn), lo mismo sucedió con la humedad relativa del mismo periodo (HrPIn) en las variedades B2 y B7.

Cuadro 2. Coeficientes de Correlación Lineal Simple, para cada variedad de maíz en las que se evaluó la infección como rendimiento de huitlacoche con relación a la temperatura y humedad relativa.

Trat	TDI (ºC)		HrDI(%)		TPIn(ºC)		HrPIn(%)	
B2	0.114	**ns**	-0.133	**ns**	-0.262	**ns**	0.294	*
B3	0.058	**ns**	0.139	**ns**	-0.195	**ns**	0.186	**ns**
B4	0.018	**ns**	-0.003	**ns**	-0.142	**ns**	0.133	**ns**
B5	0.444	**	-0.467	**	0.484	**	-0.313	*
B6	-0.259	*	0.192	**ns**	-0.124	**ns**	0.092	**ns**
B7	-0.448	*	-0.448	*	-0.321	**ns**	0.387	*
N8	0.383	**	-0.329	*	-0.370	**	0.428	**
N9	0.575	**	-0.602	**	0.282	*	-0.033	**ns**
N10	0.0210	**ns**	0.178	**ns**	-0.336	**	0.342	**
N11	0.123	**ns**	0.153	**ns**	0.136	**ns**	-0.068	**ns**
R12	0.108	**ns**	0.174	**ns**	-0.199	**ns**	0.151	**ns**
R13	0.514	**	-0.544	**	0.624	**	-0.601	**
30T26	0.112	**ns**	0.149	**ns**	-0.085	**ns**	0.104	**ns**
Oso	0.273	**	0.101	**ns**	0.176	**	-0.183	*
Cobra	0.072	**ns**	0.109	**ns**	-0.062	**ns**	0.072	**ns**
A7573	0.212	**	0.094	**ns**	-0.166	*	0.211	**
Tigre	0.092	**ns**	0.206	**	-0.099	**ns**	0.106	**ns**

TDI (ºC): se refiere a la temperatura del día en que se inoculo dicha variedad.
HrDI (%): es la humedad relativa del día que se inoculó.
TPIn (°C): es la temperatura promedio del periodo de inoculación a cosecha (24 días).
HrPIn (%): es la humedad relativa promedio del periodo de inoculación que corresponde a 24 días. *: Correlación significativa ($\alpha \leq 0.05$); **: correlación altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$) y ns: no correlación ($\alpha > 0.05$).

Lo anterior muestra un comportamiento similar al reportado por Martínez *et al*., (2005) quienes mencionan que como consecuencia de la alta interacción genotipo-ambiente, las variedades de maíz y la cepa huitlacoche utilizada tienen comportamientos diferentes de un ambiente a otro, como se observa en la Figura 3, en la cual se observan claramente tres condiciones ambientales contrastantes, de las cuales la

intermedia fue donde la mayoría de las variedades estudiadas mostraron la mejor respuesta a la inoculación y desarrollo del hongo.

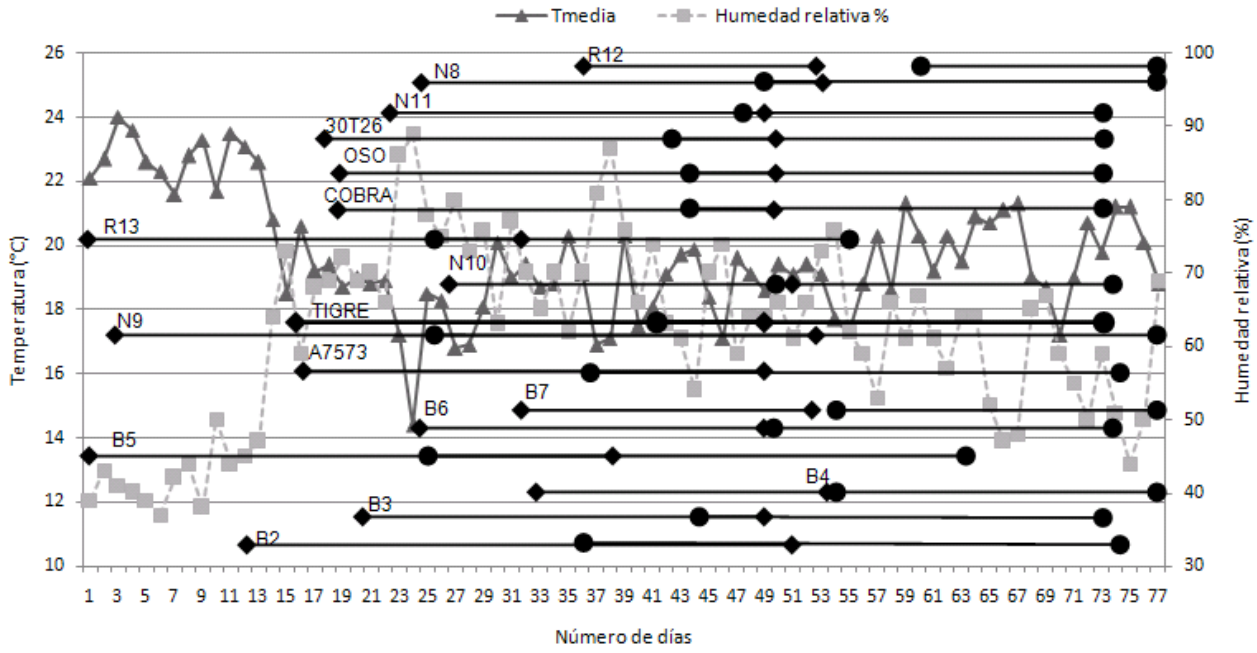

Figura 3. Relación de la temperatura y humedad relativa registradas durante los periodos de inoculación (◆—◆) y cosecha (●—●) de las variedades de maíz inoculadas artificialmente con *U. maydis*.
Fuente: Elaboración propia con datos de la Estación Meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Para el análisis de rentabilidad se calcularon los costos de producción y el valor de la cosecha del huitlacoche de cada tratamiento, considerando dos precios del producto, $10.00/kg para la época de mayor producción y $30.00/kg para la producción fuera de ésta. En el caso de la primera, los resultados revelaron que la variedad con la cual se obtuvieron la mejor ganancia por peso invertido fue el híbrido Oso con $4.43, siendo muy superior a los demás materiales; para los híbridos Cobra y A7573 fue de $3.45 y $3.42, respectivamente; con los maíces 30T26, Tigre y B6 se obtuvo una utilidad mayor a los $2.00; de los maíces criollos, los más rentables fueron el B6, B3, B7, R12 y R13 ($2.25, $1.78, $1.38, $1.13 y $1.08, respectivamente), el resto de los materiales generaron ganancias menores a la unidad.

Un comportamiento similar se presentó con la producción fuera de temporada para todos los maíces, sólo que en este caso la rentabilidad por peso invertido superó

ampliamente a la obtenida en la época de producción de huitlacoche; misma que osciló desde $1.71 hasta $15.29 en el caso de los maíces B5 y el híbrido Oso, respectivamente; dicho aporte económico no podría obtenerse con ninguno de los maíces que se probaron en este experimento, si éstos se destinaran a la producción de grano.

Al respecto, Villanueva *et al.,* (2007) compararon la relación Beneficio/Costo (B/C) de producir maíz para grano vs huitlacoche, incluida en ambos sistemas la venta de forraje verde, y obtuvieron que la producción de maíz para grano tuvo un B/C de $1.09, mientras que para la producción de huitlacoche fue de $0.96 en temporada y $4.07 fuera de ella.

CONCLUSIONES

El híbrido Oso fue el mas susceptible con 3.08 de IS, 133.39 GMI y 14.402 $t.ha^{-1}$; el Cobra presentó el mayor PI con 85.83%. De los materiales criollos el que presentó mayor susceptibilidad fue el B6 con un PI de 66.72%, un IS de 1.23 y 8.522 $t \cdot ha^{-1}$ de huitlacoche.

Los maíces criollos que presentaron mayor susceptibilidad a *U. maydis* fueron el B6 y B3 de la raza Ancho y el B5 de la raza Cacahuacintle fue el más resistente.

La TDI y la HrPIn fueron los factores que más influyeron en la producción de huitlacoche en la mayoría de las variedades estudiadas, lo que indica que para cada variedad existe una relación de temperatura y humedad óptimas para el desarrollo de *U. maydis.*

Los maíces más rentable tanto dentro como fuera de la temporada de producción de huitlacoche fueron el híbrido Oso con $4.43 y $15.29, respectivamente y el criollo B6 con $2.25 y $ 8.75, respectivamente; y dado que con el R13 se pueden obtener dos cosechas al año, esto lo convierte en una mejor opción económica.

LITERATURA CITADA

CALDERÓN, F. M. L. 2010. Caracterización clásica y molecular del huitlacoche [*Ustilago maydis* D.C. (Corda)], hongo de importancia social y económica en la región central de México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla, México. 182 p.

CHRISTENSEN, J. J. 1963. Corn smut caused by *Ustilago maydis*. Monograph No. 2. The American Phytopathological Society. 41 p.

GALINDO, M. J. E. 2005. Susceptibilidad de genotipos de maíz inoculados artificialmente con *Ustilago maydis* (D.C.) Corda. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO). Iguala, Gro. 94 p.

GARCÍA, E. 1998. Modificación al sistema de clasificación climática de Kôepen. Ed. Offset Larios S.A. de C.V. México. 217 p.

MADRIGAL, R. J.; VILLANUEVA, V. C.; SAHAGÚN, C. J.; ACOSTA, R. M.; MARTINEZ, M. L.; ESPINOSA, S. T. 2010. Ensayos de producción de huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) hidropónico en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(3): 177-182.

MARTÍNEZ, M. L.; VILLANUEVA, V. C.; SAHAGÚN, C. J. 2000. Susceptibilidad y resistencia del maíz al hongo comestible huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) mejorando su virulencia. Revista Chapingo Serie Horticultura 6(2): 241-255.

MARTÍNEZ, M. L.; MUÑOZ, O. A.; MEJÍA, C. J. A.; MOLINA, G. J. D.; ZAVALETA, M. E. SANDOVAL, I. J. S.; VILLANUEVA, V. C. 2005. Efectos genéticos e interacciones entre familias de maíz y aislados de huitlacoche (*Usitlago maydis* D. C. Corda). Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1): 121-128.

PAN, J. J.; BAUMGARTEN, M. A.; May, G. 2008. Effects of host plant environment and *Ustilago maydis* infection on the fungal endophyte community of maize (*Zea mays*). New Phytologist 178: 147-156.

VALDEZ, M. M.; VALVERDE, G. M. E.; PAREDES, L. O. 2009. Procedimiento tecnológico para la producción masiva de huitlacoche. CINVESTAV-Irapuato. Sinnco. pp. 1-16.

VALVERDE, M. E. 1992. Estudios sobre la infección de *Ustilago maydis* (Huitlacoche) y sus características alimentarias. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. pp. 10-37.

VANEGAS, P. E.; VALVERDE, M. E.; PAREDES, L. O.; PATAKY, J. K. 1995. Production of the edible fungus huitlacoche (*Ustilago maydis*): efecto maize genotype on chemical composition. Journal of Fermentation and Bioengineering 80(1): 104-106.

VILLANUEVA, V. C. 1997. Huitlacoche (*Ustilago maydis*) as a food in México. Micol. Neotrop. Apl. 10: 73-81.

VILLANUEVA, V. C.; SÁNCHEZ, R. E.; VILLANUEVA, E. S. 2007. El Huitlacoche y su cultivo. Editorial Mundi Prensa. México, D.F. 96 p.