

RESPUESTA DE CUATRO GENOCULTIVARES DE MAÍZ TROPICAL AL
ACHAPARRAMIENTO OCASIONADO POR *Spiroplasma kunkelli*

REYNOL FERNÁNDEZ AGUILAR

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila; Noviembre de 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**RESPUESTA DE CUATRO GENOCULTIVARES DE MAÍZ TROPICAL AL
ACHAPARRAMIENTO OCASIONADO POR
*Spiroplasma kunkelli***

TESIS

POR:

REYNOL FERNÁNDEZ AGUILAR

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL: _____
M .C. Arnoldo Oyervides García

ASESOR: _____
Dr. Alfonso López Benítez

ASESOR: _____
Dr. José Espinoza Velázquez

ASESOR: _____
Dr. Sergio Rodríguez Herrera

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, NOVIEMBRE DEL 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor, por darme fuerza, paciencia, vida, y permitirme lograr mi objetivo.

A mis papás por darme la vida y apoyarme en momentos difíciles, además son la fuente inspiración para seguir adelante.

A mis hermanos Geyner, Sandra, Martha, Kenia, Gladis, por su apoyo y cariño.

A mi esposa Esther, mis hijos Jacqueline y Jesús Ángel, que apoyaron con su paciencia y amor durante el desarrollo de este trabajo, siendo así la fuente de energía y fortaleza diaria, gracias.

Al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, por confiar en mí y darme las facilidades de culminar este proyecto.

Al M.C. Arnoldo Oyervides García, por brindarme la confianza, amistad y el trabajo de tesis, gracias maestro seguiremos trabajando.

Al Dr. Alfonso López Benítez, por sus valiosos conocimientos, recomendaciones y su amistad.

A mi amigo, Dr. José Espinoza Velázquez, por sus conocimientos, recomendaciones, y asesoría, gracias por confiar en mí, seguiremos trabajando.

A los familiares cercanos de mi esposa, Claudio Moreno, Minerva Carbajal, especialmente a Elidio Moreno y familia por brindarme el apoyo en su casa.

COMPENDIO

RESPUESTA DE CUATRO GENOCULTIVARES DE MAÍZ TROPICAL AL ACHAPARRAMIENTO OCASIONADO POR *Spiroplasma kunkelli*.

POR:

REYNOL FERNÁNDEZ AGUILAR

MAESTRÍA EN

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA; NOVIEMBRE DE 2009.

M.C. Arnoldo Oyervides García- Asesor

Palabras clave: achaparramiento, *Spiroplasma kunkelli*, fecha de siembra, ABCDPE, tasa de infección, correlación y genocultivar.

Debido a las exigencias de la globalización y de los mercados, producir maíz es una garantía para la alimentación del pueblo mexicano, se han detectado que algunas plagas y enfermedades han limitado en cierta manera la producción de este grano. Para el caso particular de este estudio, se han detectado que la presencia de la plaga chicharrita o salta hojas (*Dalbulus maydis*), la que incuba en sus glándulas salivales al *Spiroplasma kunkelli*, que al alimentarse transmite el patógeno a la planta de maíz, causándole

achaparramiento, lo cual es un grave problema para los productores de maíz. Este trabajo se realizó en la localidad de Ursulo Galván, Veracruz, donde se evaluaron cuatro genocultivares, siendo estas, AN-543 y AN-543R, y las dos siguientes fueron el híbrido A-7573 y la variedad VS-536, usada como testigos regionales.

Los objetivos fueron, evaluar la respuesta de cuatro genocultivares de maíz al complejo del achaparramiento del maíz (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis* y su relación con el rendimiento, determinar niveles de resistencia, mediante el cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) y la tasa aparente de incremento de la enfermedad (r) y la eficiencia estos métodos para evaluar la respuesta de resistencia a la enfermedad achaparramiento. Para llevar a cabo esta investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde se evaluaron cuatro genocultivares de Maíz, diez repeticiones cada una y doce fechas de siembra, bajo condiciones de riego y temporal. Los resultados obtenidos para achaparramiento en los genocultivares AN-543 y 543R son más resistentes que los testigos comerciales y los genocultivares de mayor área bajo la curva (ABCDPE), también presentaron mayor tasa de infección y fueron en las fechas de siembra marzo, abril y mayo donde prevalecieron las altas temperaturas y baja humedad relativa, los testigos comerciales A-7573 y VS-536, fueron los más susceptibles. No se detectaron diferencias significativas en repeticiones, donde así se presentó variación significativa fue en genotipos y fechas de siembra, de igual forma para la interacción

fechas por genotipos. Los testigos comerciales A-7573 y VS-536, obtiene rendimientos muy bajos con alta severidad achaparramiento, mientras que los genocultivares A-543 y AN-543R logran ser superiores y mas estables. Las mayores ABCDPE se encontraron en los meses de marzo, abril y mayo donde prevalecieron las altas temperaturas y baja humedad relativa. La tasa de infección (r) y el rendimiento presento una correlación negativa, mientras que para ABCDPE fue positiva.

Los genocultivares comerciales sufrieron mayor daño MAZFUS hasta 87% mientras que los genocultivares AN-543 y 543R presento valores más inferiores. Los mas altos rendimientos de grano para los genocultivares AN-543 y AN-543R se obtuvieron en las fechas de siembra julio, agosto, enero y marzo y el mayor rendimiento del hibrido comercial A-7573 fue en la fecha de enero. El mejor método de detectar niveles de resistencia horizontal, es el análisis de correlación con tasas de infección (r).

ABSTRAC

RESPONSE OF FOUR GENOCULTIVARES OF TROPICAL CORN TO THE STUNT CAUSED FOR *Spiroplasma Kunkelli*

BY:

REYNOL FERNANDEZ AGUILAR

**MASTER IN
PLANT BREEDING**

M.C. Arnaldo Oyervides Garcia- Advisor

Keywords: *stund*, *Spiroplasma kunkelli*, dates seed, ABCDPE, rate of infection, correlation and genocultivares

Due to the demands of globalization and markets, produce maize is a guarantee for the power of the Mexican people, have detected that some pest and disease have limited production of this somewhat grain. In the particular case of this study, found that the presence of the plague chicharrita or jumps leaves (*Dalbulus smut*), the incubates in salivary glands to *Spiroplasma kunkelli*, than to the feed transmits the pathogen to plant maize, causing achaparramiento, which is a serious problem for producers of corn. This work is performed in the town of Ursulo Galván, Veracruz, where assessed four genocultivares being, AN-543 AN-543R, and the next two were the A-7573 hybrid and the VS-536, variety used as regional witnesses.

Objectives were, to evaluate the response of four genocultivares maize corn stund (*Spiroplasma kunkelli*) transmitted by *Dalbulus* smut and its relation to performance, determine resistance levels, by calculating the area under the curve of progress disease (ABCDPE) and the apparent rate of increase of disease (r) and efficiency these methods to evaluate the response of resistance to the stund disease. To carry out this research used a complete block randomly, evaluated four genocultivares design maize, ten repetitions each one and twelve dates of sowing, under conditions temporary and irrigation. Results for stund in the genocultivares AN-543 and 543R are more resistant than commercial witnesses and the largest area under the curve (ABCDPE), genocultivares also presented highest rate of infection and were in the dates of sowing March, April and may where prevailed the high temperatures and low humidity , commercial witnesses A-7573 and VS-536, were the most susceptible. No repetitions, significant differences were detected where thus presented significant variation was genotypes and sowing dates of equal way dates for interaction by genotypes. Witnesses commercial A-7573 and VS-536, gets very low yields with high severity achaparramiento, while genocultivares A-543 and AN-543R achieve higher and more stable. The major ABCDPE were found in the months of March, April and may where high temperatures and low humidity relative prevailed. Rate of infection (r) and the performance presented a negative correlation to ABCDPE was positive.

The commercial genocultivares suffered further damage MAZFUS up to 87 % while that genocultivares AN-543 and 543R present values more inferior. The more high yields of grain for AN-543 and AN-543R genocultivares were obtained on the dates of sowing July, August, January and March and the improved performance of the hybrid commercial A-7573 was at the date of January. Ebest method of detect horizontal resistance levels is correlation analysis with rates of infection (r).

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
Características geográficas y climáticas de la localidad	21
Material genético	21
Trabajo de campo	22
Parámetros evaluados	23
Manejo de los datos	25
Diseño experimental	27
Análisis estadístico	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES	81
VI. RESUMEN	82
VII. LITERATURA CITADA	83
VIII. ANEXOS	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Escala del grado de severidad de la enfermedad achaparramiento, descrita por Grogan y Rosenkranz (1968)-----	38
Cuadro 3.1. Análisis de varianza de cinco variables evaluadas en cuatro genocultivares maíz durante todo el año-----	48
Cuadro 3.2. Comparación de medias, de cinco variables evaluadas de maíz en 12 fechas de siembra-----	51
Cuadro 3.3. Media general, desviación estándar y varianza de cinco variables en cuatro genocultivares-----	53
Cuadro 3.4. Respuesta de cuatro genotipos al achaparramiento en tres evaluaciones por ciclo de siembra-----	54
Cuadro 3.5. Respuesta de cuatro genocultivares para cuatro variables, durante todo el año-----	55
Cuadro 3.6. Efecto de las fechas de siembra en cuatro genocultivares de maíz, en cinco variables -----	57
Cuadro 3.7. Análisis de correlación entre rendimiento, ABCDPE y tasa r en cuatro genocultivares de Maíz-----	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Insecto-plaga (<i>Dalbulus maydis</i>) transmisor de la enfermedad achaparramiento del maíz-----	23
Figura 2. Se observa plantas de maíz con severo achaparramiento, bandas cloróticas, entrenudos cortos y ramificación excesiva-----	28
Figura 3. Malformaciones en el ápice de la mazorca por daños de achaparramiento causado por <i>Spiroplasma kunkelli</i> -----	29
Figura A. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. A1 porcentaje enfermedad achaparramiento, A2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, A3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, A4 rendimiento y A5 tasa de infección -----	61
Figura B. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. B1 porcentaje enfermedad achaparramiento, B2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, B3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, B4 rendimiento y B5 tasa de infección-----	64
Figura C. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. C1 porcentaje enfermedad achaparramiento, C2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, C3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, C4 rendimiento y C5 tasa de infección-----	68
Figura D. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. D1 porcentaje enfermedad achaparramiento, D2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, D3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, D4 rendimiento y D5 tasa de infección-----	70
Figura E. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. E1 porcentaje enfermedad achaparramiento, E2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, E3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, E4 rendimiento y E5 tasa de infección-----	73
Figura F. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. F1 porcentaje enfermedad achaparramiento, F2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, F3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, F4 rendimiento y F5 tasa de infección-----	76
Figura G. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. G1 porcentaje enfermedad achaparramiento, G2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, G3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, G4 rendimiento y G5 tasa de infección-----	80

Figura H. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. H1 porcentaje enfermedad achaparramiento, H2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, H3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, H4 rendimiento y H5 tasa de infección-----	83
Figura I. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. I1 porcentaje enfermedad achaparramiento, I2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, I3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, I4 rendimiento y I5 tasa de infección-----	85
Figura J. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. J1 porcentaje enfermedad achaparramiento, J2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, J3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, J4 rendimiento y J5 tasa de infección-----	88
Figura K. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. K1 porcentaje enfermedad achaparramiento, K2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, K3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, K4 rendimiento y K5 tasa de infección-----	91
Figura L. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. L1 porcentaje enfermedad achaparramiento, L2 índice de prolificidad y mazorca con fusarium, L3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, L4 rendimiento y L5 tasa de infección-----	94
Figura M. Avance de la severidad de la enfermedad achaparramiento en cuatro genocultivares de maíz-----	98
Figura N. rendimientos obtenidos en cuatro genocultivares de maíz 12 fechas de siembra-----	99

I. INTRODUCCIÓN

Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto al volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0%, no obstante los decrementos en la producción registrados en 2002 y 2005 fue de -4.1 y -10.8%, respectivamente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP-SAGARPA, 2006-2007). El rendimiento de maíz se ve afectado por diversos factores tanto bióticos como abióticos, uno de estos problemas es el achaparramiento del maíz que está presente solo en el continente Americano, principalmente en áreas tropicales o subtropicales: Estados Unidos, México, Puerto Rico, Cuba, Nicaragua, República Dominicana, Honduras, El Salvador, Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Paraguay, Brasil y la Argentina (Lenardón *et al*, 1993). Desafortunadamente, debido a que los síntomas de enrojecimiento de las hojas están reportados como característicos de las plantas afectadas por esta enfermedad, todas las plantas que presentan enrojecimiento se consideran afectadas por el achaparramiento (Henríquez y Jeffers, 1997). El achaparramiento del maíz causado por *Spiroplasma kunkelli* (Davis *et al*, 1972) es una de las enfermedades más destructivas del cultivo del

maíz en el trópico húmedo del continente americano, particularmente cuando las condiciones climáticas favorecen el desarrollo del vector *Dalbulus maydis*, como son escasez de lluvias, altas temperaturas y baja humedad relativa. Trabajando con dos cepas diferentes del achaparramiento se ha demostrado que los agentes causales eran procariotes, sin paredes celulares y susceptibles a tratamientos con tetraciclina (Urbina 1997). Esta enfermedad es de creciente preocupación para los productores del maíz del trópico. Se presenta en forma endémica, llegando a alcanzar en los casos más severos de 70 a 100 % de pérdidas en las siembras afectadas. En México, se presenta en los estados de Sonora, Sinaloa y mesa central, alcanzando gran importancia en los estados de la vertiente del golfo y Península de Yucatán (Henríquez y Jeffers, 1997).

Este trabajo presenta información genética sobre los niveles de resistencia de cuatro genocultivares y la interacción con fechas de siembra; en el cual se evaluaron índice achaparramiento, índice de mazorca con fusarium, índice de Prolificidad y rendimiento; estos resultados favorecen a nivel científico en los programas de mejoramiento de maíz donde se puedan hacer recomendaciones de la mejor fecha de siembra a nivel comercial para los productores de maíz en el estado de Veracruz.

Objetivo General

- Evaluación de la respuesta de cuatro Genocultivares de maíz al complejo del achaparramiento transmitido por *Dalbulus maydis* y su relación con el rendimiento.

Objetivos particulares

- Determinación niveles de resistencia, mediante el cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) y la tasa aparente de incremento de la enfermedad (r).

- Determinación de la eficiencia de los dos métodos anteriores para evaluar la respuesta de resistencia a la enfermedad.

Hipótesis

- Los genocultivares AN-543 y AN-543R son más resistentes al achaparramiento que los comerciales V-7573 y VS-536, usados como testigos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Achaparramiento del maíz

El achaparramiento del maíz es una de las enfermedades que más afecta a este cultivo y es un factor limitante en la producción de grano en zonas tropicales y subtropicales del continente Americano, desde el nivel del mar hasta zonas intermedias y altas (De León *et al*, 1984)

El *Espiroplasma kunkelli*, conocido con su nombre en ingles *Corn Stund Spiroplasma (CSS)*, es la enfermedad de mayor importancia en Mesoamérica, Estados Unidos y otros países tropicales, y observada por primera vez en Rió Grande, Texas, reportada por Alstatt, (1945) quien envió muestras de plantas infectadas con esta “enfermedad a kunkel quien llamó a la enfermedad achaparramiento, considerando al agente causal como virus y estableciendo que el vector era *Dalbulus maydis*.

Obando (1997), reporta que los daños de achaparramiento no es uniforme en los lotes de maíz que son infestados por poblaciones naturales de chicharritas.

Un ensayo de *Spiroplasma kunkelli*, o achaparramiento de maíz, se realizó en México en octubre de 1985 a marzo de 1998, usando el microscopio de contraste de fases o de campo oscuro y sueros usados, en la prueba de ELISA. Tres tipos de síntomas fueron observados: plantas bien achaparradas, cuyas hojas tienen manchas y estrías cloróticas bien definidas y que fueran usualmente encontradas entre 60 y 940 msnm; plantas que no fueran achaparradas y mostraban amarillo clorótico difuso estriado clorótico que podría ser que podría ser con o sin rojo en los rojos en los márgenes. Ambos, el tercero y segundo síntoma fueron observados en todas las altitudes muestreadas y usualmente aparecieron siete días antes de la antesis. La enfermedad es más prevaleciente a bajas elevaciones que en altas elevaciones sobre el nivel del mar. Los resultados indicaron alta y amplia distribución de CSS en México y también confirma que plantas de maíz con hojas enrojecidas y púrpuras son frecuentemente infectadas con CSS (Bajet y Renfro, 1989).

Rodríguez (1961), reporta que el achaparramiento del maíz apareció en México en 1949; de esta manera se empezó a estudiar cepas demostrando que los agentes causantes eran procariotes carentes de pared celular (Granados *et al*, 1968). Así el progreso de la virológica y bacteriología permitió distinguir a los virus (virus del rayado fino del maíz) y los procariotes de la clase *Mollicutes* (*espiroplasma* y *fitoplasmas*), que agrupa organismos difíciles de cultivar; ahora, todavía existe la confusión en cuanto a la sintomatología del complejo de achaparramiento pudiendo ser una infección

mixta causada por *espiroplasmas*, *fitoplasmas*, virus rayado fino, con otro patógeno, además cabe señalar que las condiciones de temperatura en campo e invernadero y los genotipos de maíz también influyen considerablemente.

El progreso alcanzado en el mejoramiento para la resistencia al achaparramiento, utilizando el método de selección recurrente con líneas S₁-S₂, ha sido evidente para eliminar o reducir la frecuencia de genes recesivos deletéreos presentes en las poblaciones sometidas a mejoramiento, incrementar la frecuencia de alelos favorables involucrados en la resistencia al achaparramiento, desarrollar cultivares con resistencia y buen potencial de rendimiento (Urbina, 1997).

Castañón *et al.*, (2000), evaluaron líneas S₁ de maíz y sus progenitores para estudiar su respuesta al achaparramiento y encontraron que los efectos aditivos (ACG), fueron más importantes que los no-aditivos (ACE), y también observaron que los mejores cruzamientos para rendimiento de grano, fueron aquellas donde participaron una línea resistente por una susceptible. Las cruas de menor rendimiento de grano, fueron entre progenitores resistentes por resistentes o bien susceptible por susceptible. De acuerdo con la respuesta al achaparramiento de cada crua, la información obtenida en estos experimentos no coincide totalmente con (Grogan y Rosenkranz, 1968) en cuanto a que la resistencia al achaparramiento es un

carácter dominante, pero si, en que hay mayor heterosis al cruzar líneas tolerantes por susceptibles.

Insecto transmisor

Las chicharritas son de la familia de los *cicadelidos*, también conocidos como salta hojas o periquitos y frecuentemente tienen bonitos colores gris perla al verde claro; son de forma alargada y miden alrededor de 15 mm de longitud. Los adultos y ninfas, igual que otros miembros de la superfamilia *Cicadoidea*, presentan antenas cortas y largas patas, con tarsos de tres segmentos. A pesar de que muchas especies de importancia agrícola, existen más de 50 subfamilias en el mundo y muchas especies tienen un ámbito de distribución muy amplio hacia el norte y hacia el sur de nuestro país. Las chicharritas se alimentan exclusivamente de la savia de las hojas y tallos de muchas especies de plantas, usando el estilete de sus partes bucales picadoras chupadoras, en la mayoría hace funcionar un músculo que bombea grandes cantidades de savia de la cual extrae su alimento y energía.

Varón De Agudelo, (2003) menciona que el achaparramiento del maíz es transmitido por el salta hojas *Dalbulus maydis*, (todos los estados del insecto, ninfas y adultos) son capaces de adquirir y transmitir la enfermedad, siendo más eficientes las ninfas. Las poblaciones de *Dalbulus* se incrementan en temporadas secas y temperaturas altas. El insecto tiene como hospederas,

además del maíz, a *Rottboellia exaltata* (caminadora), *Avena fatua* (avena), *Sorghum halepense* (pasto Johnson) y *Hordeum vulgare* (cebada).

Es vector del Rayado Fino y del Achaparramiento del maíz, su principal hospedero es el maíz, sin embargo, en ausencia de este puede multiplicarse en *Rottboellia exaltata*, donde tiene un ciclo biológico muy similar al que tiene en el maíz. Los adultos de este insecto vuelan tan pronto germina el maíz, se localizan en los cogollos y colocan sus posturas en la nervadura central, o en la yema de las primeras hojas. Allí establecen sus colonias pasando por los estados ninfales. Tanto la hembra como el macho (figura 1) tienen alas cuyos élitros son de color crema y su cuerpo es de color pardo amarillento, lo mismo que el de los estados ninfales (Córdoba *et a*, 1998).

Figura 1. Insecto-plaga (*Dalbulus maydis*) transmisor de la enfermedad achaparramiento del maíz



Los adultos son nerviosos y al menor movimiento vuelan a otras plantas y con la ayuda del viento se desplazan a mayores distancias diseminan así la enfermedad. Las ninfas no tienen alas pero saltan con facilidad de planta en planta cuando son perturbadas por el paso de los operarios y el ruido de los motores. Todos los estados del insecto (ninfas y

adultos hembras y machos) son capaces de adquirir el virus, lo retienen e incuban por algún tiempo en su organismo y luego lo transmiten. No todos los individuos presentes en el campo son vectores, muchos de ellos no tienen oportunidad de adquirir el virus, principalmente por falta de fuente de inóculo (Varon De Agudelo *et al*, 2001).

Mecanismos de resistencia

Painter (1968), propuso mecanismos de resistencia agrupados en tres categorías principales:

No-preferencia

Es la respuesta del insecto ante plantas que carecen de las características necesarias para servir como huéspedes y es resultado de reacciones negativas, o total abstinencia, durante la búsqueda de alimento, sitios de oviposición o refugio. La no-preferencia en los insectos se refleja a menudo como una propiedad de la planta. Por esta razón, Kogan y Ortman, (1978), propusieron sustituir el término no preferencia por el de antixenosis. Se trata de un término paralelo a “antibiosis” y transmite la idea de que la planta es evitada por ser un mal huésped.

Antixenosis

El término *antixenosis* significa que la planta es refractaria a los “invitados” esto es, a los insectos que la tratan de colonizar (Kogan y Ortman, 1978), utilizando este concepto de antixenosis, uno puede considerar la influencia en el comportamiento de los aleloquímicos. La selección por el hospedero, así como las defensas morfológicas; en muchos casos los insectos no se establecen en una planta, debido a la presencia de impedimentos físicos.

El mecanismo de *antixenosis* puede ser: *antixenosis química* y *antixenosis morfológica*, el primer mecanismo consiste en una alternativa de dos o más alimentos, los insectos fitófagos generalmente muestran un patrón consistente de preferencias, donde los hospederos inadecuados se rechazan y los insectos se mueren de hambre por la dieta que carecen de estímulos propios (Zwolfer y Harris, 1971). El segundo mecanismo reside en que están relacionados con las características de las plantas hospederas que impiden la alimentación normal, la oviposición de los insectos, o que sinergizan ante la situación de otros factores de mortalidad (Robinson *et al*, 1980)

Antibiosis

El término antibiosis comprende todos los factores fisiológicos adversos de naturaleza temporal o permanente que resultan de la ingestión de una planta por un insecto. La naturaleza temporal de un efecto antibiótico puede demostrarse transfiriendo el insecto de prueba de una planta resistente a una susceptible. En el hospedero susceptible los síntomas de antibiosis desaparecen, y el insecto lo regresa a su estado fisiológico normal. Si a pesar de esto, la antibiosis se debe a los principios tóxicos, los síntomas pueden ser irreversibles.

Tipos de resistencia controladas genéticamente

Resistencia horizontal y la vertical

Entre los términos de resistencia que se utilizan comúnmente en la literatura fitopatología y no tanto en la entomológica, se mencionan los siguientes.

Resistencia vertical o específica, es expresada solo contra ciertos biotipos de una especie de plaga, mientras la resistencia horizontal o general, expresada en forma similar contra todos los biotipos (Van der Planck, 1968).

Resistencia hipersensitiva, una intensa, rápida respuesta, caracterizada por muerte prematura (necrosis) del tejido infestado, e inactivación y localización del agente atacante (Muller, 1959).

La resistencia horizontal o de campo, se asume que es de tipo poligenica, de herencia cuantitativa y que confiere resistencia a la variedad, por disminución de la infección, la tasa de colonización del tejido y reducción de la esporulación (Umaerus, 1970), así mismo la resistencia horizontal y la resistencia vertical pueden coexistir y la resistencia de cualquier planta puede ser una mezcla de ambos tipos en proporciones variables (Van der plank, 1984).

La resistencia es una característica heredable y controlada por el sistema genético nuclear y en algunos casos por el citoplasma. La teoría de la resistencia vertical y horizontal se basa en estimar la tasa de infección de patógeno o la tasa de incremento de la enfermedad, afecta la expresión de la resistencia vertical y determina el beneficio de este tipo, retrasando el inicio de la enfermedad; en la caso de la horizontal afecta el incremento de la enfermedad, determinándose entonces así el efecto de la infección (Vander Plank, 1984).

Se conoce poco sobre el mecanismo de resistencia, pero se cree que tiene que ver con el fenómeno de reconocimiento durante la primera etapa del proceso de patogénesis (Colon and Budding, 1988).

Al estudiar la herencia de la resistencia al achaparramiento, reportaron que la resistencia o la susceptibilidad no son dominantes, si no que la resistencia es un carácter controlado por pocos genes aditivos no epistáticos y que en un programa de selección recurrente debería ser adecuado para transferir la resistencia a materiales susceptibles, (Grogan y Rosenkranz, 1968).

Fitoplasmas y Spiroplasmas

El cultivo del maíz es afectado por dos de las más devastadoras enfermedades conocidas como achaparramiento, una causada por un fitoplasma y la otra causada por un espiroplasma. Estos patógenos tienen períodos de incubación en la planta que varían entre 40 a 60 días, por lo cual los síntomas se manifiestan generalmente después de la floración. Los síntomas iniciales se caracterizan por la presencia de bandas blancas o cloróticas en la base de las hojas jóvenes (figura 2).

Figura 2. Se observa plantas de maíz con severo achaparramiento, bandas cloróticas, entrenudos cortos y ramificación excesiva.



La infección avanza de manera sistémica y las bandas pueden llegar a cubrir toda la lámina foliar, la cual se torna amarilla o púrpura, dependiendo del genotipo. Se presenta enanismo, acortamiento de entrenudos, proliferación de brotes o mazorcas en los nudos, esterilidad masculina, ramificación excesiva o reducción de raíces. Las hojas pueden presentar ruptura de los bordes y en ocasiones permanecen entrelazadas en el cogollo o en la parte superior de las plantas.

En infecciones tempranas las plantas no producen y su altura se reduce significativamente y las mazorcas no se desarrollan normalmente (figura 3) y en ocasiones muestran estructuras reproductivas masculinas en el ápice de la mazorca (Castillo *et al*, 1999).

Figura 3. Malformaciones en el ápice de la mazorca por daños de achaparramiento causado por *Spiroplasma kunkelli*



Control genético de la resistencia a la enfermedad

Las principales modalidades de resistencia genética son la antixenosis, antibiosis y la tolerancia. Los dos primeros afectan el comportamiento o la fisiología del insecto, mientras que el tercero carece de efecto sobre los insectos. La resistencia horizontal poligénica reduce la tasa

aparente de infección (r), disminuyendo el avance de una enfermedad, una vez que ésta se ha iniciado, por lo que es posible evaluar la resistencia horizontal, por su efecto en la tasa de incremento (Van der Plank, 1986).

Mendoza *et al* (2002, demuestra que es un par de genes los que gobiernan la resistencia de la enfermedad del achaparramiento causada por *Spiroplasma kunkelli*, por lo tanto, es recomendable un programa de retrocruzamiento para incorporar ese gen dominante a un híbrido, en su caso, también es positivo formar poblaciones a través de selección recíproca recurrente, no tanto, para selección recurrente intrapoblacional, ya que el avance genético a la resistencia es más lento, sin embargo, es difícil reconocer las formas de resistencia poligénicas para un carácter dado, si está presente la resistencia específica, además puede haber incompatibilidad entre la alta resistencia a las enfermedades y el buen rendimiento en grano.

Un depósito metabólico grande, algunas veces induce una pérdida de resistencia, y esta pérdida, si ocurre, es en la resistencia horizontal, mientras que la resistencia vertical es muy probable que escape a las pérdidas inducidas por esos depósitos. Esta puede ser una de las razones por las cuales los fitomejoradores prefieren la resistencia vertical, si es que está presente y puede ser estabilizada (Renfro, 1985).

La selección de materiales con resistencia horizontal midiendo r en el hospedante, ha sido utilizada en varios cultivos (IRAT, 1977), donde los materiales con los menores valores r , fueron los de mayor resistencia horizontal. El objetivo de éste trabajo fue evaluar en términos de resistencia horizontal, la respuesta de 90 líneas S_3 de maíz a la inoculación artificial del complejo patogénico causante del achaparramiento del maíz, mediante la determinación de tasas aparentes de infección r . La resistencia genética agrupa aquellos mecanismos basados en los caracteres heredados cuya expresión, a pesar de que están influenciados por el medio ambiente, no ha sido disparada por factores ambientales.

Con base en su mecanismo hereditario, los fenómenos de resistencia se dividen en mono-oligo y poligénicos (Van der Planck, 1968), La resistencia monogénica se determina por genes individuales, la resistencia oligogénica depende de unos cuantos genes, la resistencia poligénica es gobernada por muchos genes de acuerdo con (Day, 1972), la resistencia a las plagas puede ser oligogénica.

En este contexto Luz *et al*, (1999) evaluaron 40 progenitores de papa (*Solanum tuberosum*) para resistencia genética a *Phytophthora infestans*, donde se cruzaron genotipos resistentes y susceptibles. Las variables fueron tiempo de aparición de la enfermedad, tasa de infección, Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), tasa de desarrollo de la enfermedad y el pesos de los tubérculos, donde las tasas de severidad mayores después

de Infección (TASDI) y los de ABCPE menores, presentaron mayores niveles de resistencia, lo cual indica que estos parámetros son eficientes para seleccionar variedades resistentes.

Shaner y Hess (1978), encontraron que el tiempo de aparición de síntomas después de la infección y la extensión de estas en tiempo, afecta la curva de progreso de la enfermedad. Las lesiones pueden aparecer en varios días, semanas o meses después de la inoculación dependiendo del patosistema y del hospedante.

Resistencia oligogénica

También llamada resistencia de genes mayores, es determinada por un gene (monogénica) o por unos cuantos; cuyos efectos individuales son fáciles de detectar. La resistencia monogénica recesiva se presenta en el maíz resistente a *Diabrotica virgifera* (Pathak, 1970), la resistencia vertical es típicamente oligogénica.

La resistencia poligénica

Esta determinada por muchos genes, algunas veces de poco efecto individual. La herencia de los caracteres poligénicos generalmente es compleja; estos controlan cuantitativamente caracteres tales como el rendimiento y la calidad del producto. El éxito de la selección combinada

depende del nivel de correlación genética entre las características consideradas en la selección, si las correlaciones genéticas son bajas, la selección simultánea para diferentes características no causara ninguna dificultad. Las correlaciones genéticas bajas, son ventajosas para el investigador que quiere combinar vigor con sanidad con una mejora en el rendimiento. Altas correlaciones positivas entre características deseables son aun de mayor ventaja. La experiencia y los resultados en general, parecen indicar que muchas de las características de vigor y sanidad no poseen una fuerte correlación genética con rendimiento de grano (Hallauer y Miranda, 1981).

La heredabilidad de la resistencia a la primera generación del gusano barrenador europeo es mayor que la heredabilidad para rendimiento, debido a que se han desarrollado técnicas para infestación artificial. El desarrollo de un medio artificial para minimizar la frecuencia de escapes, mejora la heredabilidad y consecuentemente la efectividad de la selección, en este caso sea mayor para características que dependen de la infestación natural y de los efectos del medio ambiente para el establecimiento y desarrollo del insecto. Parece ser que tres o cuatro ciclos de selección recurrente, son suficientes en la mayoría de los casos para desarrollar poblaciones que posean un nivel de resistencia aceptables (Hallauer y Miranda, 1973).

Resistencia citoplásmica

Este tipo de resistencia, se debe a substancias mutables que se auto duplican y que sólo se encuentran en el citoplasma. Puesto que el óvulo contribuye con mayor parte del citoplasma al cigoto, la herencia citoplásmica es maternal. Por lo general este tipo de herencia, se analiza para determinar lo que cada progenitor aporta a las cruza recíprocas. Aunque es frecuente y muy importante para resistir a los patógenos (por ejemplo la susceptibilidad al tizón del maíz es citoplásmico), no se ha reportado la resistencia a los insectos (Kindler y Staples, 1968).

La resistencia es la capacidad de la planta para reducir el crecimiento y desarrollo del patógeno ó parásito, después que ha habido contacto entre el hospedante y el patógeno, o después que este ha iniciado su desarrollo o se ha establecido (Niks, Ellis y Parveliet, 1993).

La resistencia es una característica heredable y es controlada principalmente por el sistema genético nuclear y en algunos casos por el citoplasmático. La resistencia citoplasmática es controlada por unidades hereditarias dentro del citoplasma, las que se suponen ubicadas dentro de los cloroplastos y del mitocondrio (Smith y White, 1988).

Tingey (1985), menciona que algunos mecanismos de defensa de las plantas residen en aspectos morfológicos de la epidermis tales como tricomas, sustancias alelopáticas que afectan el desarrollo y comportamiento de las chicharritas y que la infestación artificial de *Dalbulus maydis* y el patógeno *Spiroplasma kunkelli* es una técnica, eficiente para seleccionar materiales resistentes al achaparramiento del maíz.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Características geográficas y climáticas de la localidad

Este trabajo de investigación se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 17 de Villa Úrsulo Galván Veracruz, situada en la zona central Costera del estado de Veracruz, limita con los municipios de Actopan, Puente Nacional, José Cardel, La Antigua, y el Golfo de México. La ubicación es de 19° 24' 17" LN, 102° 46' 28" LO y con una altitud de 8 msnm, su precipitación media anual es de 1296 milímetros y una temperatura media anual de 32.5°C, característicos del trópico húmedo. El tipo de suelo que presenta es feozem y vertisol, la vegetación es de tipo bosque alto o mediano tropical perennifolio, los cultivos más importantes son maíz, frijol, chile, caña de azúcar, papaya y el mango.

Material genético

Los materiales genéticos utilizados para este trabajo fueron, dos variedades sintéticas, obtenidos a través de el programa de mejoramiento genético de maíz tropical de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro siendo estas, AN-543 y AN-543R, el híbrido A-7573 y la variedad VS-536,

estas dos últimas son materiales comerciales de la región, usados como testigos.

Trabajo de campo

El experimento se estableció en ciertas fechas bajo riego y otras en temporal, inició en julio 2006 terminó en junio del 2007, donde se establecieron doce fechas de siembra, en cada una de estas fechas se sembraron cuatro genocultivares (tratamientos) con diez repeticiones cada una.

La siembra se realizó en cuatro surcos por unidad experimental con longitud de 5 m y la distancia entre estos de 0.85 m y la distancia entre plantas fue de 0.22 m con 22 plantas por surco, sembradas a 2 semillas por golpe, con aclareo a una planta. El área de parcela experimental es de 21.25 m² y de parcela útil de 19.36 m² obteniendo así un densidad de población de 53,476 plantas por hectárea. Con lo que se refiere a la fertilización se aplico un tratamiento de fertilización de 130-100-20, donde se aplicó al momento de la siembra el 50% de nitrógeno, todo el fósforo y potasio. Otras prácticas que se realizaron fue la aplicación de riegos y deshierbes.

Parámetros evaluados

Achaparramiento

La toma de datos del achaparramiento se realizó en tres ocasiones, 60, 75, y 90 días después de la siembra, evaluando todas las plantas de la parcela útil, donde se observaban los diferentes grados de severidad de la enfermedad de achaparramiento. Para tal efecto se usó la escala descrita por (Grogan y Rosenkranz, 1968), en donde se evaluaron todas las plantas de la parcela útil, para lo cual se determinó el grado de severidad de la enfermedad en cada una de las plantas (cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Escala del grado de severidad de la enfermedad achaparramiento, descrita por Grogan y Rosenkranz (1968).

Escala	Definición de la escala
0	sin síntomas
1	Síntomas visibles en las hojas en $\frac{1}{4}$ de planta. Achaparramiento no evidente
2	Síntomas en las hojas en la mitad de la planta. Acompañado de achaparramiento moderado
3	Síntomas en las hojas en $\frac{3}{4}$ de la planta. Acompañado de severo achaparramiento
4	Más de $\frac{3}{4}$ de la planta con síntomas en las hojas y severo achaparramiento

Las plantas tolerantes o resistentes fueron consideradas aquellas plantas que presentaban los números cero y uno de la escala en uso. Las plantas que se clasificaron como susceptibles se calificaron en la escala dos, tres y cuatro, estas presentan pobre desarrollo de espiga, son estériles y producen poco o nada semilla.

También así se tomaron otros datos agronómicamente importantes como son sanidad, rendimiento, y prolificidad de la planta.

Mazorcas con fusarium (IMF), número de mazorcas que presentan algún grado de daño por este hongo; se expreso como índice en relación al número de mazorcas cosechadas por parcela y se realizo de la forma siguiente.

$$\text{IMF} = \frac{\text{No. Mazorcas con fusarium}}{\text{No. Pts cosechadas}} \times 100$$

Porcentaje de humedad, en la cosecha se toma una muestra de grano de 250 grs, representativo de las mazorcas de la parcela.

Rendimiento, en mazorca ajustado al doce por ciento de humedad, y se obtuvo mediante una relación de tres factores y es el siguiente.

% Humedad de Campo	Peso Kg
al 12%	X

Índice de prolificidad (IP), este determinó de la manera siguiente.

$$IP = \frac{\text{No. Mazorcas cosechadas}}{\text{No. Pts cosechadas}}$$

Manejo de los datos

Para el análisis y manejo de los datos, se calculo el índice de la enfermedad del achaparramiento, por sumatoria de los valores de las escalas, por fecha de siembra, para tres evaluaciones, divididos entre el total de plantas muestreadas; este procedimiento se realizó para los cuatro genocultivares estudiados.

$$i.e = \frac{\sum g.s.e}{N}$$

Donde:

i.e = índice de la enfermedad

g.s.e. = suma de los grados de severidad de la enfermedad

N = Numero total de plantas evaluadas

Con los datos obtenidos sobre la severidad de la enfermedad, se determino el Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCDPE), para conocer el avance de la enfermedad y la respuesta de resistencia o susceptibilidad de los cuatro materiales durante todo el año, para lo cual se utilizo el siguiente modelo propuesto por (Shaner y Fitney, 1977).

$$ABCDPE = \sum_{i=1}^n \left[(x_{(i+1)} + x_i) / 2 \right] (t_{(i+1)} - t_i)$$

Donde

x_i = Proporción de la enfermedad en la i-ésima observación

$t_{(i+1)} - t_i$ = tiempo entre dos lecturas

i = va de la observación i a la n

n = numero de valuaciones

ABCDPE= Área Bajo la Curva de progreso de la enfermedad

Así mismo se calculó la tasa aparente de incremento de la enfermedad (r) para lo cual se utilizó el modelo siguiente propuesto por Van der Plank (1986).

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{x_2(1 - x_1)}{x_1(1 - x_2)}$$

Donde

$t_2 - t_1$ = Numero de días

x_1 = Cantidad de enfermedad en el tiempo t_1

x_2 = Cantidad de enfermedad en el tiempo t_2

r = Tasa de infección

\log_{10} =Logaritmo base diez

2.3 = Es un valor constante

Una vez determinada el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) y la tasa de infección (r), se realizó un análisis de correlación para medir la eficiencia de los métodos para grado de severidad de la enfermedad y como afecta al rendimiento.

Diseño Experimental

Para llevar a cabo esta investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde se evaluaron cuatro genocultivares de maíz, diez repeticiones cada una y doce fechas de siembra en una sola localidad (Úrsulo Galván, Ver.), bajo condiciones de riego y temporal.

Se realizaron tres muestreos por fecha de siembra con intervalos de quince días cada uno (60, 75 y 90).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis para ver el efecto que tienen las repeticiones, tratamientos, muestreos y muestreos por tratamientos de la siguiente forma.

$$y_{ijk} = \mu + i + j + k + i k + i j k$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repetición)

$k =$ muestreo

y_{ijk} = rendimiento observado del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo muestreo

μ = efecto de la media general

α_i = efecto de la i -ésimo tratamiento

β_j = efecto de la j -ésima repetición.

γ_k = efecto de la k -ésimo muestreo

$\alpha_i \gamma_k$ = efecto de i -ésimo tratamiento con el k -ésimo muestreo

ϵ_{ijk} = efecto del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3.1, se presenta el análisis de varianza para las cinco variables evaluadas, en 12 fechas de siembra, índice de la enfermedad (IEA) achaparramiento, índice de prolificidad, mazorcas con fusarium, rendimiento y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE).

Fuente de variación repeticiones

En esta fuente de variación no hubo diferencias significativas, es decir se comportaron de manera muy similar, donde se asume que el suelo no presentó variaciones en fertilidad, materia orgánica, textura y estructura, y que el diseño no fue capaz de detectar diferencia alguna entre las repeticiones.

Fuente de variación fechas

Para la variable IEA presentó diferencias altamente significativa ($P < 0.01$), donde se infiere que la población del insecto diseminador de la

enfermedad, no siempre fue la misma en las diferentes fechas de siembra; en este sentido Hernández *et al*, (2008), encontraron que la mayor cantidad del vector *Dabulus maydis* se dio en los meses de Marzo, Abril, Mayo y junio, con una baja en los meses de agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre. Y por último en diciembre, enero, febrero y julio.

Para la variable índice de mazorcas con fusarium, se observo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), y pudo deberse a las variaciones en las condiciones de humedad y temperatura a través de todo el año, que en cierta forma crea las condiciones para el desarrollo del hongo *Fusarium moniliforme*.

Para la variable índice de prolificidad y rendimiento también se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), es decir algunas fechas fueron mejores que otras debido a variaciones del medio ambiente; lo mismo sucedió para la variable ABCDPE, mostraron diferencias altamente significativas debido a dichos efectos ambientales.

Fuente de variación genocultivares

En lo que refiere a la variable índice de enfermedad achaparramiento, mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), donde se asume que tales diferencias fue debido condiciones ambientales en mayor o menor proporción y del crecimiento poblacional del insecto

diseminador de la enfermedad; también pudo deberse a los diferentes niveles de resistencia y a la variación genética de los genocultivares, ya que se estudiaron resistentes y susceptibles.

Para la variable índice de prolificidad y rendimiento presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), debido a las condiciones genéticas entre las variedades y el híbrido y de sus efectos del medio ambiente, ya que algunos rindieron mejor que otros.

Para las variables índice de mazorcas con fusarium y ABCDPE también presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), debido al nivel de severidad de cada genocultivar y de las variaciones en humedad relativa, precipitaciones del sitio experimental y temperaturas máximas y mínimas.

Fuente de variación fechas por genocultivares

Para la variable *iea*, se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), esto es debido al comportamiento diferencial, entre una condición a otra, es decir, la respuesta de las variedades AN-543, AN-543R y VS-536 con el híbrido A-7573, no siempre la misma entre una fecha y otra.

Para la variable índice de prolificidad y rendimiento, se observaron diferencias altamente significativas, donde se infiere que la respuesta de los genocultivares de una fecha a otra fue diferente, además se explica que las diferencias en rendimiento entre el híbrido A-7573 y las variedades fueron diferentes, es decir, híbrido bajo condiciones de enfermedad achaparramiento por arriba del 60 por ciento, disminuye su rendimiento por mitad, mientras que las variedades AN-543, AN-543R y VS-536 fueron mas estables.

Para la variable índice de Mazorcas con fusarium, también se presentaron diferencias altamente significativas, esto se debió a variaciones en temperatura y humedad relativa diferentes en cada una de las fechas, además se observó que AN-543 y 543R se obtuvieron los índices mas bajos comparado con los genocultivares comerciales.

Para la variable ABCDPE, se presentaron diferencias altamente significativas, debido a las diferencias genéticas en cuanto al grado de avance en la severidad de enfermedad, es decir que en algunas fechas se presento más severidad que otras pero la capacidad de respuesta entre los genocultivares resistentes y susceptibles varió.

El coeficiente de variación para mazorcas con fusarium fue de 34.18 por ciento, para las otras variables estuvieron por debajo del 20 por ciento; sin embargo se consideran aceptables.

Cuadro 3.1. Análisis de varianza de cinco variables evaluadas en cuatro genocultivares maíz durante todo el año.

FV	GL	IEA			IP	IMF (%)	Rendimiento (ton/ha)	ABCDPE (% / día)
		60 días	75 días	90 días				
Repeticiones	9	0.0057	0.029	0.0305	0.013	0.0133	1.207	17.551
Fechas	11	3.971**	25.77**	46.920**	0.7615**	1.149**	156.268**	18968.532**
Genocultivares	3	1.487**	11.05**	19.55**	0.814**	2.121**	48.764**	8485.127**
Fechas x genocultivares	33	0.305**	1.23**	2.236**	0.0587**	0.0796**	18.568**	917.887**
Error	423	0.0065	0.0269	0.0318	0.01248	0.012	1.472	16.941
CV	-	18.57	17.09	14.157	13.163	34.18	17.863	15.174
Media	-	0.435	0.96	1.259	0.8489	0.321	6.792	27.123

*, ** Significativos al 0.05>0.001 de probabilidad respectivamente, IEA= índice enfermedad achaparramiento, IMF= índice de mazorcas con fusarium, IP= índice de prolificidad ABCDPE= área bajo la curva de progreso de la enfermedad

En el cuadro 3.2, se presenta la comparación de medias para cinco variables estudiadas, por fechas de siembra. En lo que respecta a la variable índice de enfermedad achaparramiento (iea), para las evaluaciones IEA60 Y IEA75, se encontraron nueve grupos estadísticos A, B, C, D, E, F, G, H, I, y para la evaluación IEA90 se encontraron once grupos estadísticos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K. Para esta misma variable, en la fecha de siembra de diciembre representa el último grupo estadístico con las incidencias mas bajas de enfermedad, y en su contraparte la fecha de abril fueron las mas altas; observándose así diferencias significativas ($P < 0.01$), indicando con esto que existen diferencias estadísticas a través de fechas de siembra. Los diferentes grupos estadísticos encontrados, indica que los materiales respondieron diferente a los índices de enfermedad y que existió variación entre las fechas de siembra a través de los tres muestreos; esto se atribuye a que mayor el índice poblacional del insecto se presenta en

temporadas secas y de baja humedad relativa, ocasionando con esto altos niveles de enfermedad achaparramiento, principalmente con mayor incremento en la segunda y tercera evaluación, donde se asume que los genocultivares están con mayor demanda de energía para el desarrollo, floración y formación del fruto, por lo tanto son mas susceptibles al ataque del patógeno *Spiroplasma kunkelli*. Hernández *et al*, (2005), en trabajo realizado en líneas resistentes al achaparramiento del maíz (*Spiroplasma kunkelli*), destacar el hecho de encontrar índice de plantas sanas y enfermas, y que se debe al efecto de la resistencia y susceptibilidad hallado en las líneas o tratamientos y que para esto, la diferencia mínima significativa (DMS) se uso para saber cual de los tratamientos soportó o no sufrió el ataque del patógeno.

Para la variable índice de prolificidad, se encontraron cinco grupos estadísticos, donde encabezan el primer grupo las fechas de siembra abril, marzo y julio con las medias más altas, y por consiguiente se refleja con mayores rendimientos.

En la variable índice de mazorcas con fusarium (cuadro 3.2) se encontraron ocho categorías estadísticas, las medias más bajas se encontraron en las fechas de siembra julio, con valor de 11 porciento, seguido por agosto, enero y septiembre con valor de 17, 19 y 22 porciento respectivamente, estadísticamente se ubicaron en grupos distintos H, I para las demás fechas de siembra los valores fueron mayores.

Para la variable rendimiento de grano, los valores mas altos se obtuvieron (cuadro 3.2) en las fechas de siembra enero, marzo y julio, con 9.50 promedio de toneladas por hectárea y se encontraron seis categorías estadísticas, es de mencionarse que fueron en estas fechas donde se obtuvieron los mayores índices de prolificidad.

Para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), el valor mas bajo de la media se obtuvo (cuadro 3.2) en la fecha de siembra noviembre con 2.786 porcentaje-días, en dicha variable se detectaron nueve categorías diferentes.

Cuadro 3.2. Comparación de medias, de cinco variables evaluadas de maíz en 12 fechas de siembra.

Meses de siembra	IEA			IP	IMF (%)	Rendimiento (ton / ha)	ABCDPE (% / día)
	60 días	75 días	90 días				
ENERO	0.869 A	0.785 F	0.754 G	0.878 BC	0.197 H	9.481 A	23.972 F
FEBRERO	0.809 B	1.046 E	1.138 E	0.782 E	0.473 C	6.643 C	30.302 E
JUNIO	0.688 C	1.769 C	2.755 B	0.811 ED	0.679 A	3.776 F	52.365 C
ABRIL	0.672 DC	2.259 A	2.954 A	0.993 A	0.191 H	5.867 D	61.090 A
MAYO	0.650 DE	1.681 D	2.590 C	0.842 CD	0.557 B	4.242 F	49.534 D
MARZO	0.619 E	2.144 B	2.337 D	1.027 A	0.353 D	9.528 A	54.353 B
SEPTIEMBRE	0.341 F	0.376 H	0.448 I	0.904 B	0.225 H	5.926 D	11.577 H
JULIO	0.271 G	0.570 G	0.961 F	1.023 A	0.118 I	9.576 A	17.809 G
AGOSTO	0.163 H	0.527 G	0.544 H	0.646 F	0.176 H	7.474 B	13.222 H
DICIEMBRE	0.069 I	0.093 I	0.115 K	0.799 ED	0.253 F	7.294 B	4.342 I
NOVIEMBRE	0.051 JI	0.130 I	0.266 J	0.896 B	0.329 ED	6.478 C	2.786 I
OCTUBRE	0.0205 J	0.143H	0.243 J	0.583 G	0.294 EF	5.221 E	4.129 I

Cifras seguidas de diferentes letras, son estadísticamente diferentes al nivel de 0.01 porciento de probabilidad.

En cuadro 3.3, se presenta el comportamiento promedio de los cuatro genocultivares a través de las doce fechas de siembra, y se muestra que para la evaluación IEA60, resultó con índice de enfermedad de achaparramiento muy bajo comparado con las evaluaciones IEA75 y IEA90, lo cual se observa en la desviación estándar fue mucho más alta.

Las variaciones más notables se encontraron rendimiento de grano, ya que la media general fue de 6.792 toneladas por hectárea, donde resalta la diferencia genética entre cada genocultivar y su respuesta a los niveles de infección en cada una de las fechas de siembra.

Para la variable ABCPDE, el incremento de la media general para achaparramiento de una fecha de muestreo a otra en las doce fechas de siembra fue de 27.124 por ciento por día, con desviación estándar de 21.776 por ciento. El factor fechas de siembra determinó la longitud de las áreas bajo la curva de progreso de la enfermedad en los genocultivares, ya que en las condiciones de abril, mayo y junio, la población de el insecto *Dalbulus maydis* aumenta o disminuye en diciembre, enero y julio de acuerdo a la temperatura y humedad relativa presente en esas estaciones del año. Shaner Y, Finney (1977), mencionan que mientras más alto sea el ABCDPE la epidemia será más severa; es decir que nos ayuda a conocer el avance de la enfermedad y la respuesta de resistencia de los diferentes materiales a través de los ciclos verano-otoño, en dos años. Este factor determinó los porcentajes de enfermedad en los cuatro genocultivares, además que la población del insecto

Dalbulus maydis aumenta o disminuye de acuerdo a la temperatura y humedad relativa presente en esas estaciones del año.

Es evidente que entre una fecha de evaluación y otra existe incremento de la enfermedad sobre todo en los genocultivares comerciales, híbrido A-7573 y variedad VS-536, en las variedades AN-543 y AN-543R que tienen genes de resistencias al achaparramiento manifiestan incluso una reducción en sus índices de enfermedad entre la primera y tercera evaluación, lo que se refleja dichas variaciones en el rendimiento de grano.

Cuadro 3.3. Media general, desviación estándar y varianza de cinco variables en cuatro genocultivares.

Muestreros	IEA			IP	IMF (%)	Rendimiento (ton/ha)	ABCDPE (% / día)
	60 días	75 días	90 días				
MEDIA	0.435	0.960	1.259	0.848	0.321	6.792	27.124
DESV EST	0.315	0.802	1.083	0.138	0.169	1.976	21.776
VARIANZA	0.099	0.644	1.173	0.019	0.028	3.907	474.219

En el cuadro 3.4, se presentan la variable índice de enfermedad, achaparramiento promedio por ciclo de siembra. A los 60 días (IEA60), los materiales con mayor índice de enfermedad fueron los testigos comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536 comportándose de forma igual con valores de 0.537 y 0.52 respectivamente y estadísticamente fueron iguales entre sí, mientras que las variedades AN-543 y AN-543R presentaron menor incidencia a la enfermedad de 0.379 y 0.306, resultando estadísticamente diferentes (P 0.05); recordemos que en etapas jóvenes y de hojas primarias ocurre el proceso de inoculación del insecto *Dalbulus maydis*.

Para la variable índice de enfermedad del achaparramiento (cuadro 3.4) en la segunda (IEA75) y última evaluación (IEA90), los genocultivares testigos comerciales aumentaron sus valores en el progreso de la enfermedad, mientras que las variedades AN-543 y AN-543R presentaron valores por debajo de los materiales comerciales, y estadísticamente fueron diferentes, salvo en la primera evaluación.

Cuadro 3.4. Respuesta de cuatro genotipos al achaparramiento en tres evaluaciones por ciclo de siembra.

Genocultivares	IEA60	IEA75	IEA90
A-7573	0.5371 a	1.25 a	1.66 a
VS-536	0.520 a	1.157 b	1.503 b
AN-543	0.379 b	0.847 c	1.098 c
AN- 543R	0.306 c	0.586 d	0.770 d

Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Test de Duncan ($\alpha = 0,05$).

Efecto de los genocultivares en las variables índice de prolificidad, mazorca con fusarium, rendimiento e índice de enfermedad achaparramiento (cuadro 3.5), donde se observa que los genocultivares usados como testigos A-7573 y VS-536 para índice de prolificidad se comportaron diferente, mientras que los genocultivares AN-543 y 543R no difieren significativamente ($P < 0.05$).

Para la variable índice de mazorcas con fusarium, los cuatro materiales se comportaron estadísticamente diferentes. En la variable índice de enfermedad achaparramiento (IEA), los valores más bajos fueron para los genocultivares AN-543 y 543R con valores de 24.4 y 21.6 por ciento

respectivamente, mientras que los genocultivares comerciales A-7573 y VS-536 obtuvieron valores más altos de 51.1 y 31 por ciento y encontrándose cuatro grupos estadísticos diferentes. Con lo que se refiere a rendimiento la media mas elevada fue de el hibrido comercial con 7.696 toneladas por hectárea, siendo muy superior a las variedades, ya que un hibrido rinde mas que las variedades por su naturaleza genética.

Cuadro 3.5. Respuesta de cuatro genocultivares para cuatro variables, durante todo el año.

Genocultivares	IP	MZFUS	IEA	REND
A-7573	0.9669 a	0.5115 a	35.54 a	7.6963 a
VS-536	0.84101 b	0.3109 b	32.54 b	6.6789 b
AN-543	0.8062 c	0.2449 c	23.8 c	6.5941 b
AN-543R	0.78166 c	0.2168 d	16.87 d	6.200 c

Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Test de Duncan ($\alpha = 0,05$).

En el cuadro 3.6, para la fuente de variación fecha de siembra en el mes de julio, el genocultivar AN-543R superó a los dos testigos comerciales en rendimiento, observándose diferencias mínimas significativas al nivel de 5 por ciento y una desviación estándar de 2.282 toneladas por hectárea; es de mencionarse que también obtuvo el mayor índice de prolificidad, pero no así para los índices de enfermedad. De igual forma en la fecha cuatro, la variedad antes mencionada supero en rendimiento a los testigos comerciales, y los índices de infección fueron mas bajas. Para esta misma fecha el material AN-543 fue el de, menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad de 352.63 porcentaje por día.

Para la fecha ocho y nueve el genocultivar que más rendimiento obtuvo fue el AN-543, y además obtuvo valores de ABCDPE muy bajos, comparado con los testigos comerciales; de igual forma existieron diferencias mínimas significativas al 5 por ciento. En la fecha once mes de mayo, los genocultivares AN-543 y AN-543R, superaron en rendimiento a los dos testigos comerciales y se observó que el híbrido comercial decayó notablemente sus rendimientos, incluso tuvieron mayor índice de enfermedad. Es evidente que la mejor respuesta para rendimiento es del genocultivar AN-543R, debido al potencial genético de resistencia o tolerancia al desarrollo de la enfermedad achaparramiento; sin embargo, cuando condiciones de enfermedad son altas también se tienen mayor índice de prolificidad pero las mazorcas muchas de las veces son de bajo peso, sobre todo en los genocultivares más susceptibles, en este sentido Castañón *et al*, (2003), reporta que no hay un patrón bien definido del tipo de herencia que determine la resistencia o susceptibilidad al achaparramiento del germoplasma evaluado de maíz, aunque observo cierto grado de dominancia entre padres resistentes x susceptibles lo que supone que la resistencia al achaparramiento y el rendimiento operan en sistemas diferentes de genes. En base a lo anterior queda demostrado con el área bajo la curva, que es buen método para determinar genocultivares resistentes y susceptibles. Los materiales de mayor ABCDPE son los materiales más susceptibles.

Cuadro 3.6. Efecto de las fechas de siembra en cuatro genocultivares de maíz, en cinco variables

Fecha	Mes	Genotipos	IEA60	IEA75	IEA90	IP	MZFUS	REND	ABCDPE
1	Jul	A-7573	5.9	12.64	25.34	1.06	0.26	9.92	423.83
1	Jul	AN-543	5.47	11.38	18.78	0.99	0.08	7.74	352.63
1	Jul	AN-543R	8.86	17.03	26.67	1.07	0.07	10.14	521.87
1	Jul	VS-536	6.9	16.05	28.26	0.98	0.07	10.052	504.48
2	Ago	A-7573	13.44	8.7	11.8	0.75	0.43	9.34	319.85
2	Ago	AN-543	7.35	4.46	5.13	0.53	0.1	5.9	160.48
2	Ago	AN-543R	20.4	12.21	15.07	0.49	0.07	5.56	449.26
2	Ago	VS-536	26.17	13.37	21.97	0.81	0.11	9.1	561.53
3	Sep	A-7573	5.28	6.69	11.22	0.99	0.38	7.35	224.14
3	Sep	AN-543	13.67	14.51	16.27	0.86	0.18	4.68	442.21
3	Sep	AN-543R	1.52	1.8	2.64	0.84	0.11	5.63	58.21
3	Sep	VS-536	13.67	14.51	14.62	0.92	0.23	6.04	429.78
4	Oct	A-7573	0.51	3.5	11.05	0.67	0.46	5.99	139.2
4	Oct	AN-543	0.57	3.19	10.67	0.5	0.22	4.47	132.1
4	Oct	AN-543R	0.44	3.41	10.16	0.65	0.13	6.55	130.68
4	Oct	VS-536	0.54	4.17	10.51	0.51	0.37	3.88	145.36
5	Nov	A-7573	1.28	7.56	8.15	0.89	0.51	7	184.09
5	Nov	AN-543	1.28	2.22	8.27	0.85	0.27	5.73	104.83
5	Nov	AN-543R	0.48	0.88	2.05	0.95	0.24	6.86	32.17
5	Nov	VS-536	2.02	2.41	8.15	0.9	0.3	6.32	112.5
6	Dic	A-7573	4.07	4.17	4.89	0.9	0.34	11.02	129.73
6	Dic	AN-543	0.73	1.39	1.67	0.74	0.2	6.23	38.83
6	Dic	AN-543R	0.51	0.88	1.23	0.83	0.14	6	26.28
6	Dic	VS-536	2.49	4.67	4.01	0.73	0.34	5.93	118.84
7	Ene	A-7573	21.15	23.83	27.15	1.07	0.38	13.03	719.7
7	Ene	AN-543	13.45	14.39	16.1	0.84	0.1	8.41	437.5
7	Ene	AN-543R	10.61	12.22	15.62	0.84	0.1	9.17	379.97
7	Ene	VS-536	24.43	28.03	16.1	0.77	0.21	7.33	724.43
8	Feb	A-7573	29.01	35.45	38.67	1.04	0.85	6.99	1039.3
8	Feb	AN-543	16.13	22.44	24.08	0.71	0.33	7.02	638.26
8	Feb	AN-543R	10.35	15.28	16.6	0.63	0.33	6.27	431.34
8	Feb	VS-536	24.49	30.59	33.43	0.75	0.37	6.29	893.23
9	Mar	A-7573	17.68	68.69	74.18	1.19	0.65	9.79	1719.22
9	Mar	AN-543	12.72	43.69	46.81	1	0.23	9.86	1101.8
9	Mar	AN-543R	8.02	31.06	31.94	0.93	0.22	8.89	765.63
9	Mar	VS-536	22.22	73.42	81.72	0.99	0.31	9.58	1880.92
10	Abr	A-7573	25	75	91.54	1.17	0.13	3.76	1999.05
10	Abr	AN-543	15.53	46.34	40.28	0.9	0.26	6.4	1113.64
10	Abr	AN-543R	11.11	33.71	91.54	0.91	0.19	6.34	1275.57
10	Abr	VS-536	23.99	71.09	63.64	1	0.19	6.97	1723.48
11	May	A-7573	24.34	62.31	97.35	0.91	0.87	3.13	1847.3
11	May	AN-543	14.77	35.32	52.37	0.77	0.37	4.99	1033.38
11	May	AN-543R	7.39	24.27	34.97	0.81	0.36	4.79	681.82
11	May	VS-536	18.56	46.05	74.27	0.88	0.64	4.06	1387.07
12	Jun	A-7573	5.9	12.64	25.34	0.97	0.88	5.04	423.83
12	Jun	AN-543	5.47	11.38	18.78	0.69	0.6	2.99	352.63
12	Jun	AN-543R	8.86	17.03	26.67	0.73	0.64	2.93	521.87
12	Jun	VS-536	6.9	16.05	28.26	0.85	0.59	4.14	504.48
CMEE			0.0065	0.0269	0.0318	0.01248	0.012	1.472	16.941
MEDIA			10.87	21.29	28.04	0.85	0.32	6.78	611.21
GL			423	423	423	423	423	423	423
DMS al 5%			0.0382	0.0777	0.0845	0.0530	0.0519	0.5751	1.9510
DES EST			8.553	20.828	25.766	0.165	0.215	2.282	542.302

Primera fecha de siembra mes de julio

En la figura A1, se presenta la variable índice de enfermedad achaparramiento y se observa que el genocultivar AN-543 es el que menos se enfermó durante todo el ciclo, mientras que los testigos comerciales A-7573 y VS-536 superaron por mucho en esta variable, con valores alrededor de 26 por ciento. El comportamiento de las variedades de mayor resistencia al ataque del patógeno, pudo deberse a su variabilidad genética y por la acumulación de genes aditivos a través de los años de selección, e incluso llegó a reducir sus tasas de infección entre el primer muestreo y el tercer muestreo, mientras que el híbrido comercial siguió una directriz ascendente, en trabajos similares, Díaz *et al* (2005) explican que existe una tendencia en disminuir las tasa de infección entre un muestreo y otro debido a efecto de las siembras tardías y que los cultivos pueden quedar menos expuestos a consecuencias de las siembras tardías, las plantas presentan menor porte y cobertura, lo cual no genera un ambiente propicio para el desarrollo de la enfermedad y probablemente estos disminuya los niveles de enfermedad de la soya a finales del ciclo.

Para la variable índice de mazorca con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP), presentadas en la figura A2, se observa que los genocultivares que menos se enfermaron (IMF) son las variedades AN-543, AN-543R y la variedad comercial VS-536, y los mayores daños se manifestaron en el híbrido comercial A-7573, debido a diferentes condiciones

ambientales en trabajos realizados por Mendoza *et al*, (2005) sobre este patógeno en maíz, utilizan la escala descrita por (Coutiño, 1973), donde las plantas con escala de 1, se consideran como resistentes, aquellas que obtuvieron grado 2 se tomaron como tolerantes, las plantas con grado 3 como moderadamente tolerante , el grado 4 moderadamente tolerantes susceptibles y el grado 5 como susceptibles.

Para índice de prolificidad los más altos valores se obtuvieron en los genocultivares AN-543 y AN-543R, donde efectivamente son los de mayor rendimiento.

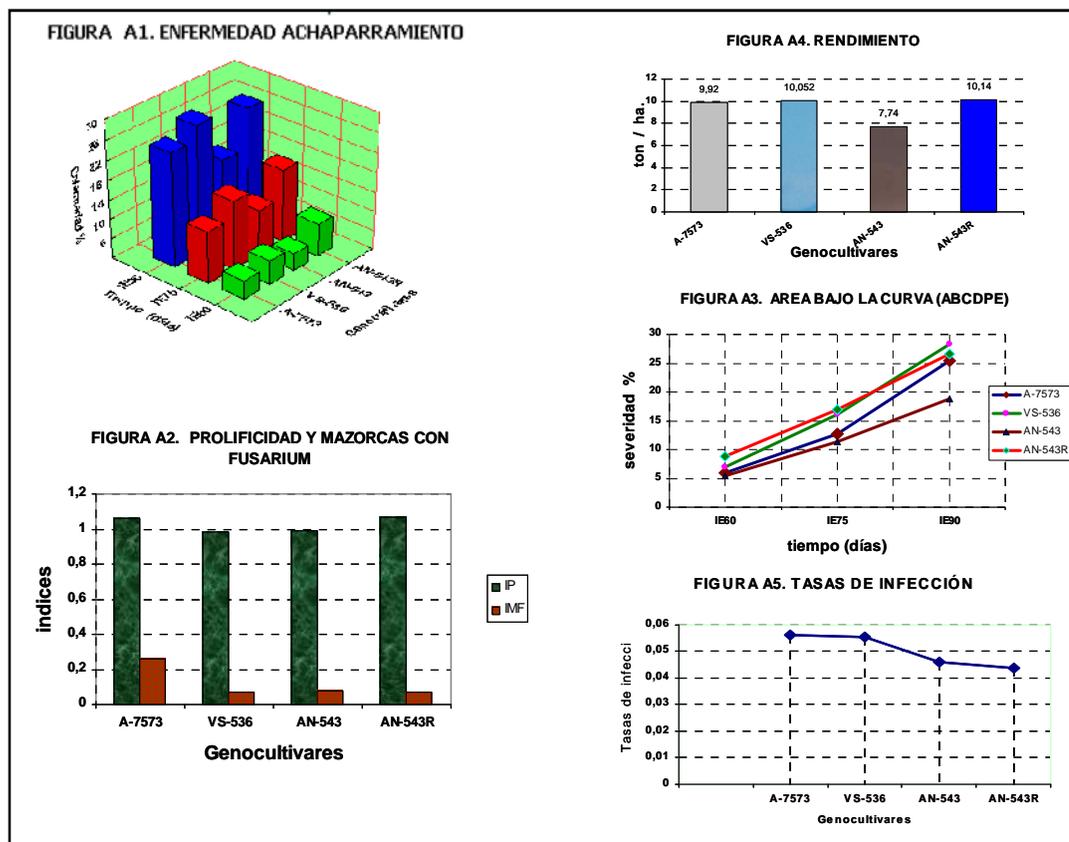
Como se observa en la figura A3, los genocultivares de menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) desarrollado fue la variedad AN-543 con 352.63 porcentaje por día, seguido por el híbrido comercial A-7573 con valores de 423.83 porcentaje por día, los demás genocultivares que tuvieron mayor ABCDPE fueron las variedades VS-536 y AN-543R con valores de 504.48 y 521.87 porcentaje por día respectivamente.

En la figura A4, se observa que el rendimiento mayor se obtuvo en el genocultivar AN-543R con valor de 10.14 toneladas por hectárea, seguido de los genocultivares comerciales variedades VS-536 e híbrido A-7573.

Los materiales que tienen genes de resistencia, no siempre mantienen los mismos rendimientos en todas las fechas de siembra debido a la interacción genotipos con fechas y de la interacción genotipos con el medio ambiente, donde se puede constatar con los genocultivares AN-543 y AN-543R que disminuye su rendimiento entre la primera fecha de siembra y la segunda en un 50 por ciento, mientras que los genocultivares comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536 lo mantuvieron alrededor de 10 toneladas por hectárea, se asume que estos materiales comerciales con baja presencia de enfermedad achaparramiento rinden mejor y en el caso del híbrido explotan mejor su vigor híbrido, pero decae notablemente cuando estas son muy altas o muy por arriba del 60 por ciento de índices de enfermedad; al respecto Hidalgo *et al*, (1998), en trabajos realizados en maíz para resistencia al achaparramiento, realizaron mediciones con base en el número de plantas con uno o varios síntomas característicos y esperaba que conforme aumentaba el porcentaje de infección, en forma proporcional el rendimiento de grano disminuiría, sin embargo esto no ocurrió así.

En la figura A5, se presentan las tasa de infección (r), el valor más elevado se desarrollo en los testigos comerciales A-7573 y VS-536 con valores de 0.0562, 0.0556 de incremento de la enfermedad, mientras que los materiales AN-543 y AN-543R presentaron tasas r inferiores a las anteriores.

Figura A. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. A1 porcentaje enfermedad achaparramiento, A2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, A3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, A4 rendimiento y A5 tasas de infección.



Segunda fecha de siembra mes de agosto

En la figura B1, se presentan la variable índice de enfermedad achaparramiento y se observa que la variedad AN-543 redujo el índice de enfermedad en 7.32 a 5.13 por ciento, de igual forma la variedad AN-543R redujo el grado de infección de 20 a 15 por ciento. De los testigos comerciales que más daño sufrió al achaparramiento fue la variedad VS-536 de 26 a 21 por ciento; aunque cabe destacar que en esta fecha de siembra los

porcentajes de enfermedad fueron bajos, a nivel de 26 por ciento como máximo.

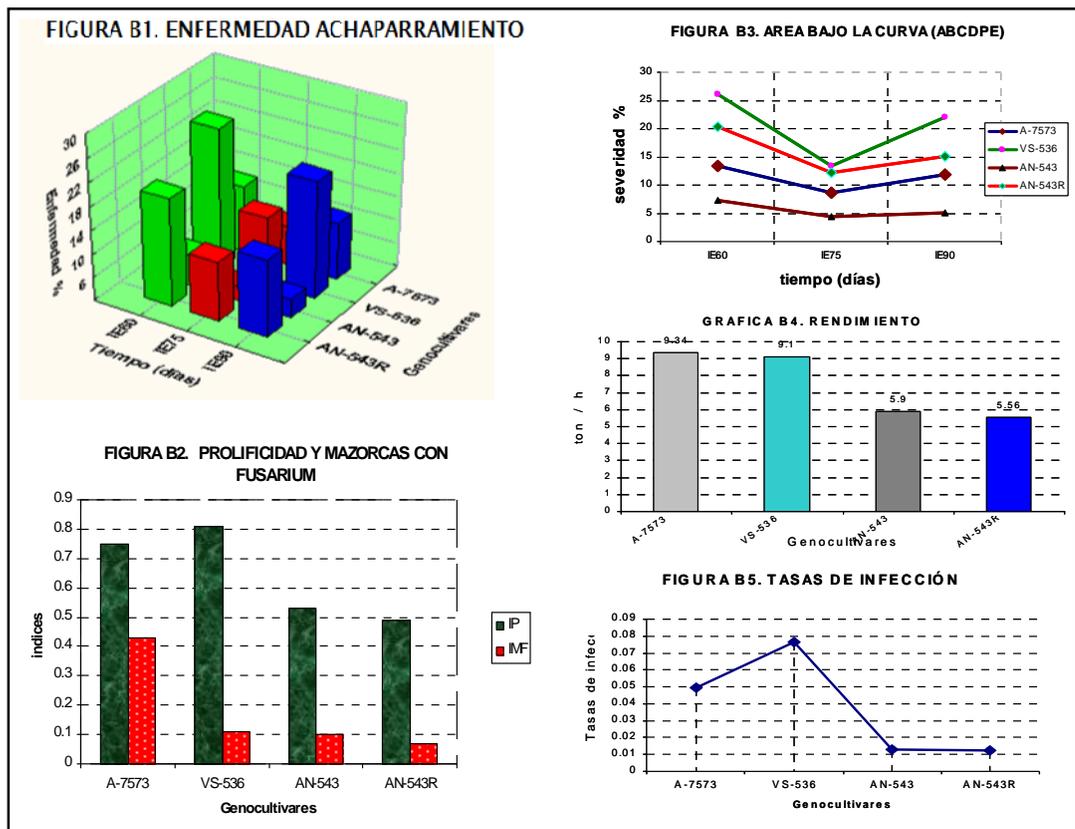
En la figura B2, se muestra las variables índice de mazorca con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP). Para la variable IMF el híbrido comercial A-7573 presentó el valor más alto con 43 por ciento, los demás genocultivares no representaron significancia, mientras que para índices de prolificidad los más altos valores se obtuvieron en los genocultivares comerciales VS-536 y A-7573.

En la figura B3, indica la variable áreas bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), quien manifestó un valor más alto fue el genocultivar, comercial VS-536 con 561.3 porcentaje por día, seguido de los genocultivares AN-543R y A-7573. Es de mencionarse que la variedad AN-543, fue el de menor ABCDPE con valor de 160 porcentaje por día, incluso desde inicio del primer muestreo empezó con niveles muy bajos hasta disminuir significativamente en el tercer muestreo.

En la figura B4, se muestra la variable rendimiento, donde los genocultivares que más rindieron fueron A-7573 y VS-536 con valores de 9.34 y 9.10 toneladas por hectárea respectivamente, y los genocultivares de menor rendimiento fueron AN-543 y 543R; con una diferencia de rendimiento de 3.5 toneladas por hectárea (testigos susceptibles y mejorados resistentes).

Para la variable tasa de infección (figura B5) se observa que manifestó un decremento de la enfermedad en los genocultivares AN-543 y AN-543R con valores de 0.0127 y 0.012, mientras que las variedades A-7573 y VS-536 presentaron valores mas altos; pero en esta fecha de siembra, los cuatro genocultivares presentaron, las tasas de infección bajas, ocasionada por *Spiroplasma kunkelli*, comparado con otras fechas de siembra; donde se infiere que interviene los factores como la resistencia genética de las variedades, baja proliferación de la enfermedad, condiciones ambientales no apropiadas para el desarrollo del insecto transmisor y la variabilidad genética presentes en cada uno de los genocultivares evaluados.

Figura B. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. B1 porcentaje enfermedad achaparramiento, B2 índices de prolificidad y mazorca con fusarium, B3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, B4 rendimiento y B5 tasa de infección.



Tercera fecha de siembra mes de septiembre

En la figura C1, se presentan la variable índices de enfermedad achaparramiento y se observa que el genocultivar AN-543R, fue el menos enfermo de los cuatro evaluados, con escala de severidad de la enfermedad entre 0 y 1 en los tres muestreos, seguido por el híbrido comercial A-7573 aunque este tuvo un aumento para el tercer muestreo en un 11.2 por ciento. Las variedades AN-543 y VS-536 manifestaron daño de 16.27 y 14.62 por ciento respectivamente, en general los porcentajes de enfermedad no supero el 20 por ciento. La variedad AN-543R fue mas estable a los síntomas de achaparramiento entre muestreos y fechas de siembra, mientras que los genocultivares comerciales variaron los índices de enfermedad; esto se debe a la naturaleza génica de cada genocultivar y de la interacción del genotipo con la enfermedad y de la capacidad de respuesta cada genotipo, en este sentido Sierra *et al*, (2007) menciona que en un análisis combinado para las fuentes de variación rendimiento de grano, porcentaje de plantas dañadas y espigas de maíz, presento diferencias altamente significativas para los híbridos y localidades, y en la interacción, fue significativa para todas las características, excepto para el rendimiento de los grano.

En la figura C2, se muestra las variables índice de mazorca con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP). El genocultivar que menos daño sufrió a IMF fue la variedad AN-543R con valor de 11 por ciento, seguido de la variedad AN-543 valor de 18 por ciento; los materiales comerciales híbrido A-

7573 y variedad VS-536 son los que manifestaron mayor daño. Estos resultados pudo ser por la influencia del medio ambiente como precipitación y variación en la temperatura que favorecen el desarrollo del hongo; de lo anterior se explica también que los materiales AN-543 y 543R tengan mayor resistencia a esta características ya que en once fechas de siembra uno de estos materiales presento los valores mas bajos para esta variable comparado con los genocultivares comerciales A-7573 y VS-536. De acuerdo con Mendoza *et al*, (2001), reportan que la variable mazorcas con fusarium resulta ser afectada por las condiciones climáticas que se presentaron con las diferentes fechas de siembra, siendo mas desfavorables para la segunda fecha, considerada como fuera de tiempo.

Los índices de prolificidad (figura C2) más altos se obtuvieron en los genocultivares comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536, con índices de 0.99 y 0.92 respectivamente, mientras los genocultivares AN-543 y AN-543R se obtuvieron índices de 0.86 y 0.84 proporcionalmente, aunque la diferencia no fue significativa.

En la figura C3, indica las áreas bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), al respecto se obtuvo que el genocultivares de mayor ABCDPE fue la variedad AN-543 a nivel de 442.21 porcentaje por día, seguido de los genocultivares comerciales VS-536 y A-7573 con valores de 429.78 y 224.14 porcentaje por día respectivamente. La variedad AN-543R presento los valores muy bajos desde la primera evaluación (IE60) y se

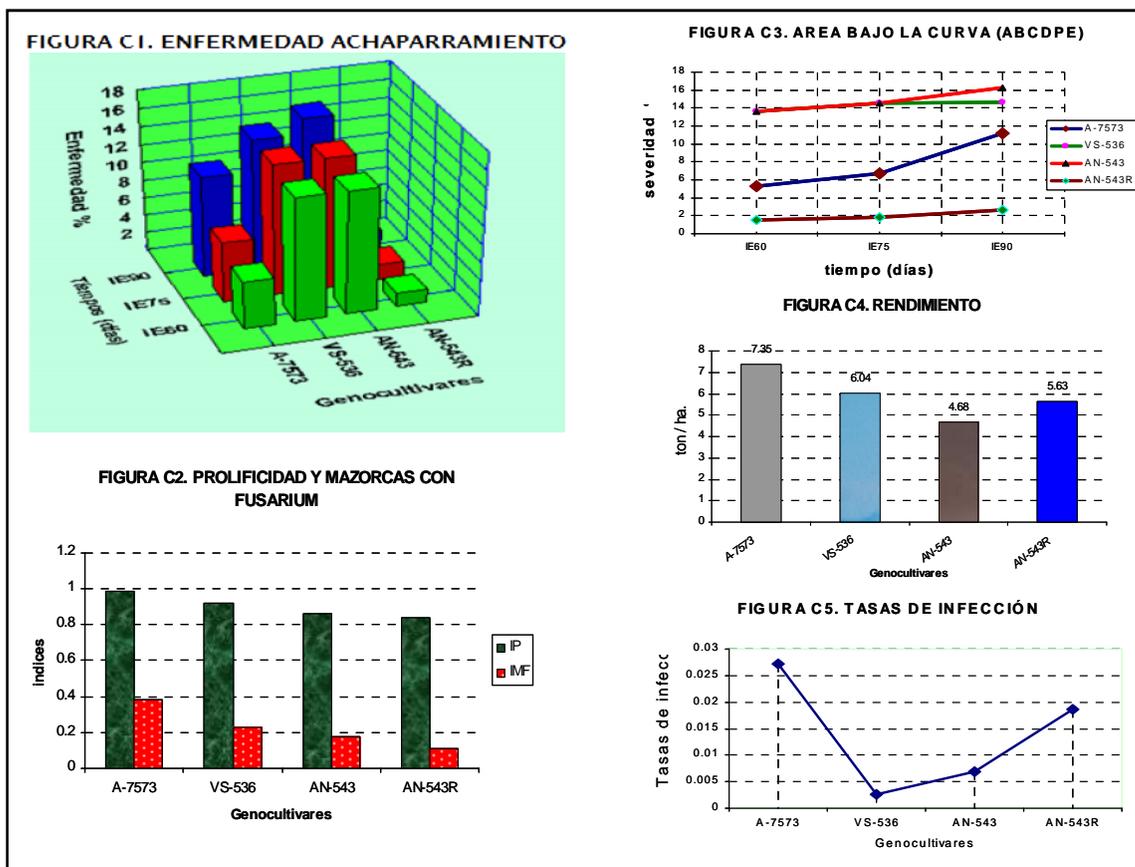
incremento muy poco en la tercera evaluación (IE90); por lo tanto el ABCDPE fue de 58.21 porcentaje por día, área muy inferior a los demás genocultivares.

En la figura C4, se muestra la variable rendimiento; donde los genocultivares de mayor rendimiento fueron A-7573 y VS-536 con 7.53 y 6.04 toneladas por hectárea respectivamente y los genocultivares de menor rendimiento fueron AN-543 y AN-543R con valor de 4.68 y 5.63 toneladas por hectárea en orden.

En la figura C5, se presenta la variable tasa de infección (r), observándose que las tasas mas altas de incremento de la enfermedad se obtuvo en el hibrido comercial A-7573 con valor de 0.272, seguido de la variedad AN-543R con tasa de 0.0186 y las mas bajas se manifestaron en las variedades VS-536 y AN-543 con valores de 0.0027 y 0.0068 respectivamente.

El genocultivar A-7573 fue mas susceptible al ataque del patógeno *Spiroplasma kunkelli*, comparado con las variedades AN-543 y AN-543R; es de mencionarse que la presencia de enfermedad fue baja menores de 25 porciento de severidad; donde se asume que ya que los altos índices de humedad, y temperaturas no muy elevadas reducen la presencia del insecto transmisor (*Dalbullus maydis*) del virus de achaparramiento.

Figura C. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. C1 porcentaje enfermedad achaparramiento, C2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, C3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, C4 rendimiento y C5 tasas de infección.



Cuarta fecha de siembra mes de octubre

En la figura D1, se presenta la variable índice de enfermedad achaparramiento, donde se observa que los cuatro genocultivares estudiados A-7573, VS-536, AN-543 y AN-543R, sufrieron daños en la primera evaluación (IE60) a un nivel de 0.51 por ciento, para el segundo muestreo (IE75) con valores de alrededor de 4 por ciento y en la tercera evaluación (IE90) sufrió daños con 10 por ciento.

Para mazorcas con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP), presentadas en la figura D2, se observa que el material que más se enfermó para IMF fue el híbrido comercial A-7573 con valor de 46 por ciento, seguido por la variedad VS-536 con valor de 37 por ciento y los datos más bajos fueron para los genocultivares AN-543 y AN-543R con referencias de 22 y 13 por ciento respectivamente.

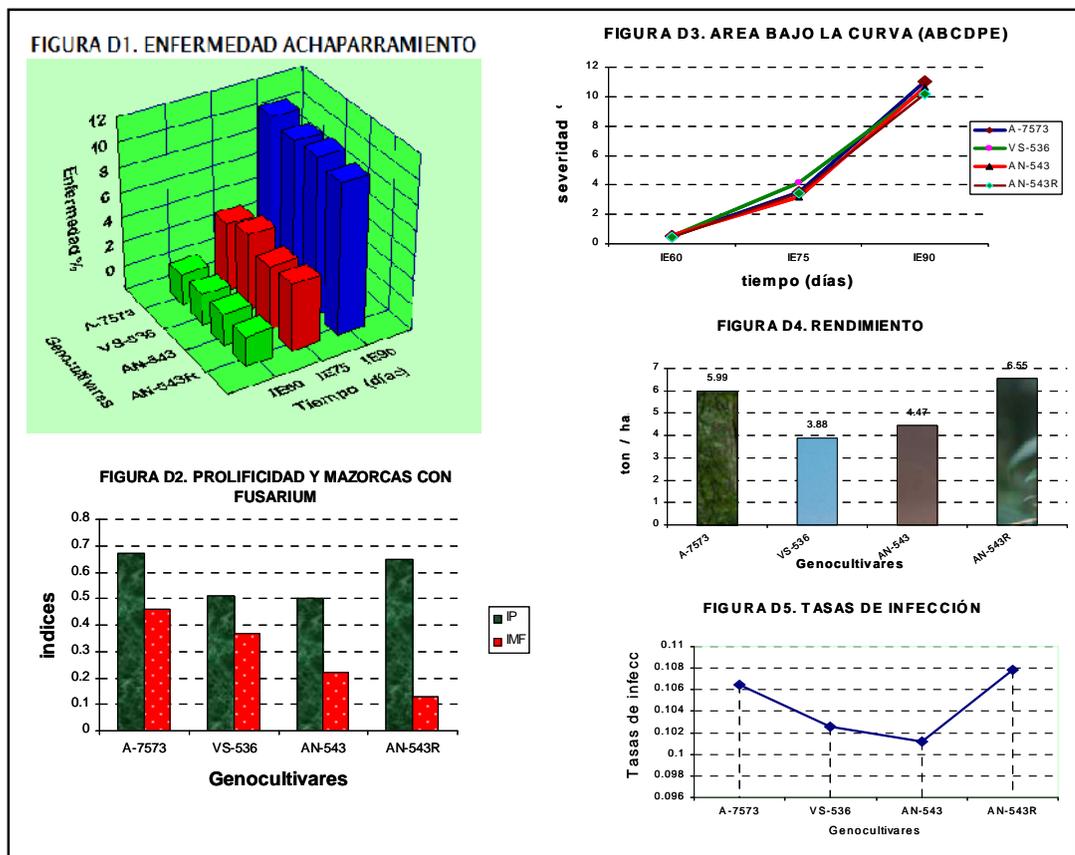
Los genocultivares con mayor índice de prolificidad (figura D2) fueron el híbrido comercial A-7573 y la variedad AN-543R con valores de 0.67 y 0.65 respectivamente, seguido de los genocultivares VS-536 y AN-543.

Como se observa en la figura D3, los cuatro genocultivares se comportaron en forma similar, para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad, presentando valores entre 145 a 130 porcentaje por día en los cuatro genocultivares y no existió diferencia significativa en las tres evaluaciones.

En la figura D4, se observa la variable rendimiento, donde el genocultivar AN-543R obtuvo el más alto rendimiento con valor de 6.55 toneladas por hectárea, seguido por el híbrido comercial A-7573, con 6 toneladas por hectárea. Los genocultivares VS-536 y VS-543 obtuvieron rendimientos más bajos.

En la figura D5, se presenta la variable tasa de infección (r), los valores mas altos se desarrollaron en los testigos comerciales hibrido A-7573 y variedad VS-536 con valores de 0.056, 0.055 respectivamente, mientras que las variedades AN-543 y AN-543R presentaron tasas r inferiores a los testigos.

Figura D. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. D1 porcentaje enfermedad achaparramiento, D2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, D3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, D4 rendimiento y D5 tasas de infección.



Quinta fecha de siembra mes de noviembre

En la figura E1, se presentan las evaluaciones para la variable índice achaparramiento, donde el genocultivar AN-543R es el que menos se enfermó, observándose que para la primera y segunda evaluación presento valores no superiores al 1 por ciento, mientras que en la tercera evaluación presento un ligero incremento hasta 2.05 por ciento. El híbrido A-7573 y las variedades VS-536 y AN-543 presentaron valores más elevados en el tercer muestreo que van desde 8.15 a 8.27 porcentaje por día, comportándose sin variación significativa. En general en esta fecha de siembra se presentó baja presencia de enfermedad achaparramiento.

Para la variable índice de mazorcas con fusarium (IMF) e índices de prolificidad (IP) presentado en la figura E2, se observa que los genocultivares que más se enfermaron para IMF fue el híbrido A-7573, seguido de la variedad VS-536 usados como testigos, indicando valores de 51 y 30 por ciento respectivamente, las variedades AN-543 y AN-543R manifestaron valores más bajos que los testigos comerciales.

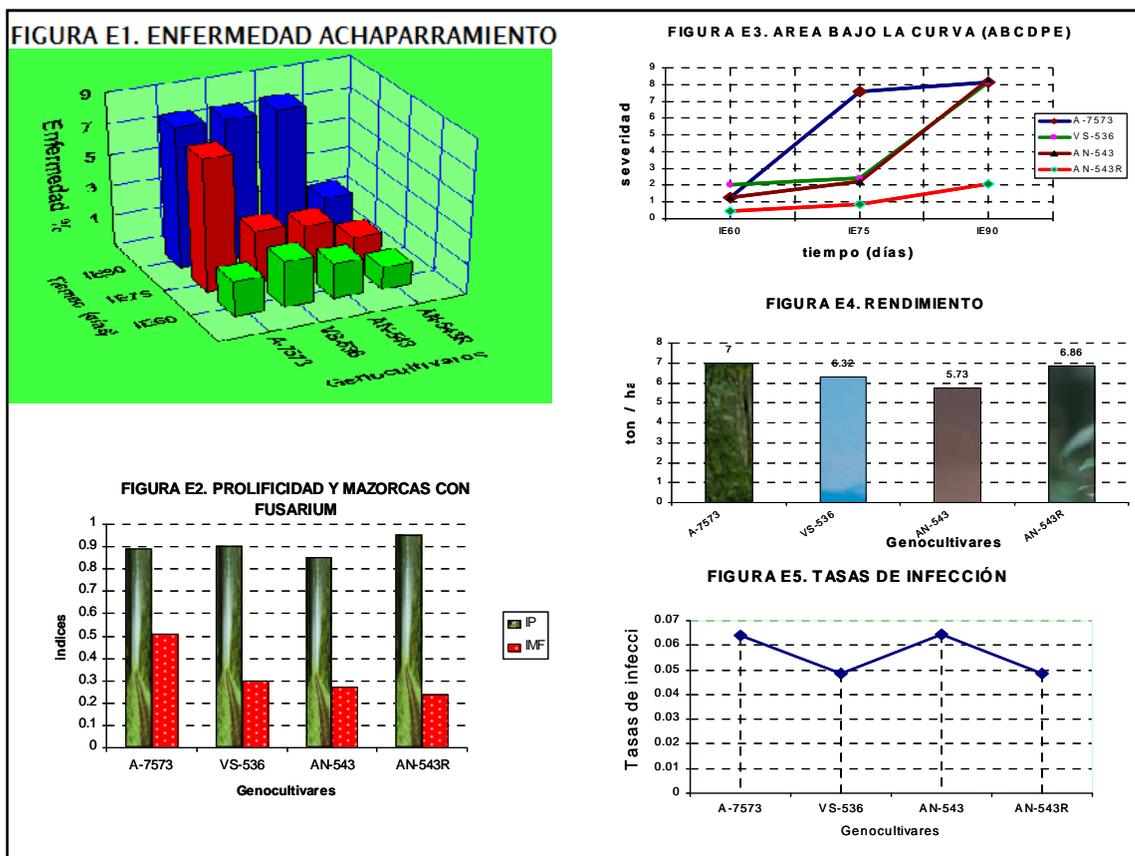
En la variable índice de prolificidad (IP), los testigos comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536 se comportaron de igual forma con índices de 89 y 90 por ciento, mientras que la variedad AN-543 presento índices de 85 por ciento y los datos más altos se registraron en la variedad AN-543R con índices de 95 por ciento.

En la Figura E3, se presentan la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), los materiales que mayor ABCPDE manifestó fue el genocultivar comercial A-7373, seguido de la variedad comercial VS-536 y AN-543, con áreas de 184.09, 112.50 y 104.83 porcentaje por día en orden correspondiente. El área más pequeña se presento en la variedad AN-543R, con 32.17 porcentaje por día.

De lo anterior se refleja en mayor rendimiento con valor de 6.84 toneladas por hectárea, de igual forma el híbrido comercial A-7573 con rendimientos de 7 toneladas por hectárea (figura E4).

En la figura E5, se presenta las tasa de infección (r), lo que indica que el genocultivar AN-543R presento tasas de infección bajas a nivel de 0.048, lo que coincide con el ABCDPE. Las tasas mas altas de infección se obtuvieron en los genocultivares A-7573 y la variedad AN-543.

Figura E. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. E1 porcentaje enfermedad achaparramiento, E2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, E2 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, E4 rendimiento y E5 tasas de infección.



Sexta fecha de siembra mes de diciembre

En la figura F1, se presentan las evaluaciones para la variable índice de achaparramiento, y se observa que el genocultivar AN-543R es el que menos manifestó la enfermedad con valores en la primera evaluación de 0.51 por ciento, y en la tercera evaluación de 1.23 por ciento, lo mismo sucedió con el genocultivar AN- 543 que presento índices muy bajos. El genotipo A-7573 se mantuvo en niveles más altos de enfermedad achaparramiento desde la primera, segunda y tercera evaluación, de igual forma se manifestó con la

variedad comercial VS-536. Cabe mencionar que para esta fecha de siembra los niveles de enfermedad achaparramiento fueron muy bajos inferiores al 5 por ciento de incidencia.

En la figura F2, se presenta las variables índice de mazorcas con fusarium (IMF) e índices de prolificidad (IP), lo que se observa que para la variedades AN-543 y AN-543R presentó valores muy bajos para MAZFUS, con 2 y 14 por ciento de incidencia, mientras que para los testigos comerciales fue mayor, con 34 por ciento. En particular en esta fecha de siembra, los niveles de IMF fueron altos.

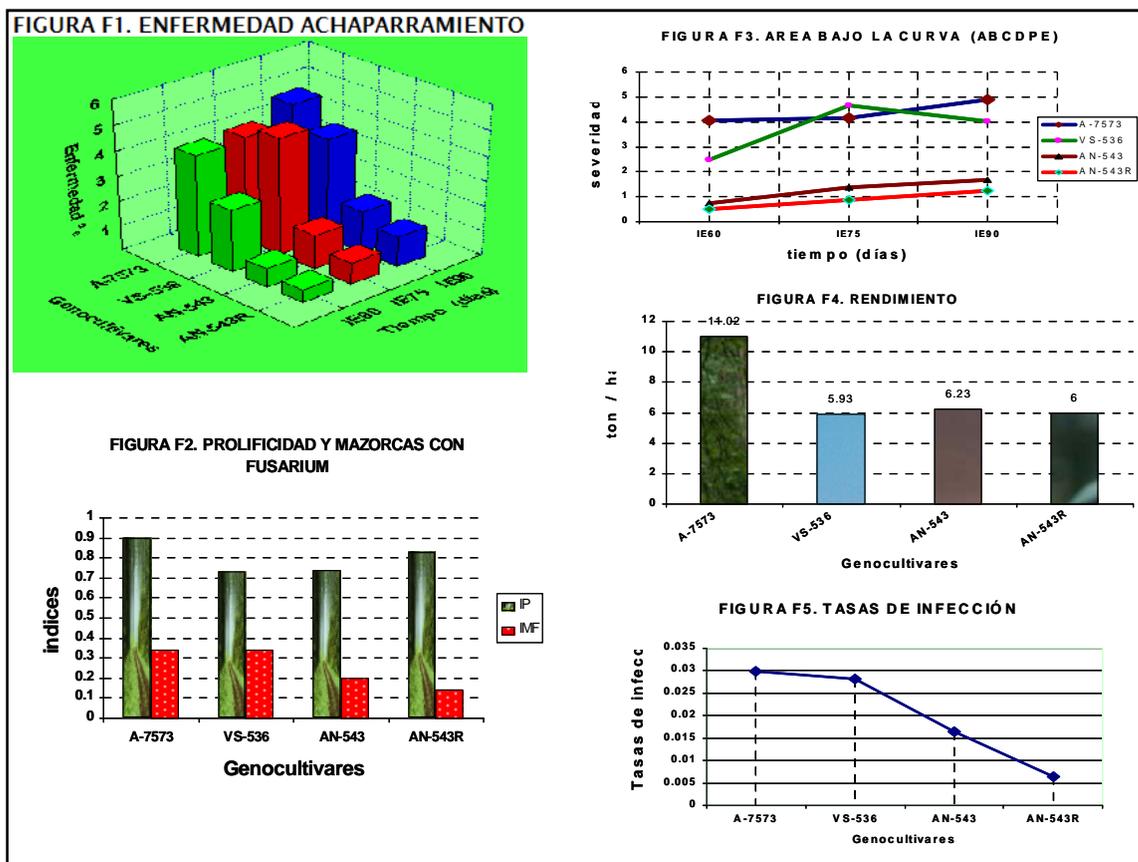
Para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (figura F3), indica que los materiales de menor ABCDPE fueron los genocultivares AN-543 y 543R con áreas de superficie muy pequeñas, comparado con los testigos comerciales A-7573 y VS-536, lo cual manifestaron valores de 38.83 y 26.28 porcentaje por día; aunque en general la severidad de la enfermedad achaparramiento en el mes de diciembre fue muy baja, debido a las condiciones climáticas desfavorables para su desarrollo y proliferación.

En la figura F4, se observa el comportamiento de la variable rendimiento, donde el híbrido comercial A-7573 manifestó valor de 11.03 toneladas por hectárea mientras que las variedades VS-536, AN-543 y AN-543R sus rendimientos oscilaron alrededor de 5 y 6 toneladas por hectárea,

estos rendimientos fueron abatidos en la mitad comparado con el híbrido comercial. De los anteriores resultados se desprende que fue debido a que este material en condiciones baja de presencia de enfermedad achaparramiento, el híbrido rinde mejor, pero en condiciones adversas decae notablemente su rendimiento, debido a la escasa presencia de genes menores que controlan la resistencia horizontal o poligénica, lo que reduce la tasa aparente de infección (r) disminuyendo el avance de una enfermedad una vez que ésta se ha iniciado, por lo que es posible evaluar la resistencia horizontal por su efecto en la tasa de incremento de una enfermedad (Van der Plank 1986). Para los materiales AN-543 y AN-543R, sus rendimientos fueron de 6.23 y 6.00 toneladas por hectárea, y se observa que existe una relación directa entre la tasa de incremento de enfermedad y el rendimiento.

En la figura F5, se presenta la variable tasa de infección (r), lo que se observa que las tasas más altas se obtuvieron en los genocultivares A-7573 con valor de 0.0299, seguido del material VS-536 con tasas de 0.02811 y los datos más bajos se presentaron en los genocultivares AN-543 y AN-543R con valores de 0.0163 y 0.0063 respectivamente, en general son tasas muy bajas de infección en todos los materiales, debido a que en esta fecha de siembra se presentó baja incidencia de la enfermedad achaparramiento.

Figura F. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. F1 porcentaje enfermedad achaparramiento, F2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, F3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, F4 rendimiento y F5 tasas de infección.



Séptima fecha de siembra mes de enero

En la figura G1, se presenta la variable índice de achaparramiento, en el cual genocultivar AN-543R obtiene el índice mas bajo de enfermedad achaparramiento de 10.61 porciento desde la primera evaluación hasta alcanzar valor de 15.62 porciento en la tercera evaluación; de igual forma se manifestó el genocultivar AN-543. Es de mencionarse que los testigos comerciales hibrido A-7573 y VS-536 alcanzo valores entre 20 y 30

por ciento de incidencia de la enfermedad durante las tres evaluaciones; es evidente que los índices de enfermedad achaparramiento empezó a incrementarse y se observa una vez mas que los genocultivares AN-543 y AN-543R, son mas resistentes ya que presento valores menores del 18 por ciento de severidad, con escala menor a uno, mientras que los genocultivares A-7573 y VS-536 presentaron valores hasta del 35 por ciento. Estas diferencias de enfermedad se refieren a la capacidad de los genocultivares de soportar a ataques severos de infección y su respuesta para evadir la enfermedad o sobrevivir con ella, ya que muchas de las veces esta presente pero no logra un avance significativo en el hospedero.

En la figura G2, se presenta las variables índices de mazorcas con fusarium (IMF) e índices de prolificidad (IP), observándose que el índice de IMF para las variedades AN-543 y AN-543R fue alrededor del 10 por ciento, mientras que el testigo comercial VS-536 sufrió mayor incidencia con valores de 38 por ciento; lo que revela en los genocultivares comerciales mayor susceptibilidad, ya que resisten menos al ataque de fusarium. Para la variable índice de prolificidad (IP), el híbrido comercial A-7573 fue el más prolífico con valor de 1.07, mientras que los demás materiales estuvieron alrededor de 0.85 y por lo tanto rindieron menos.

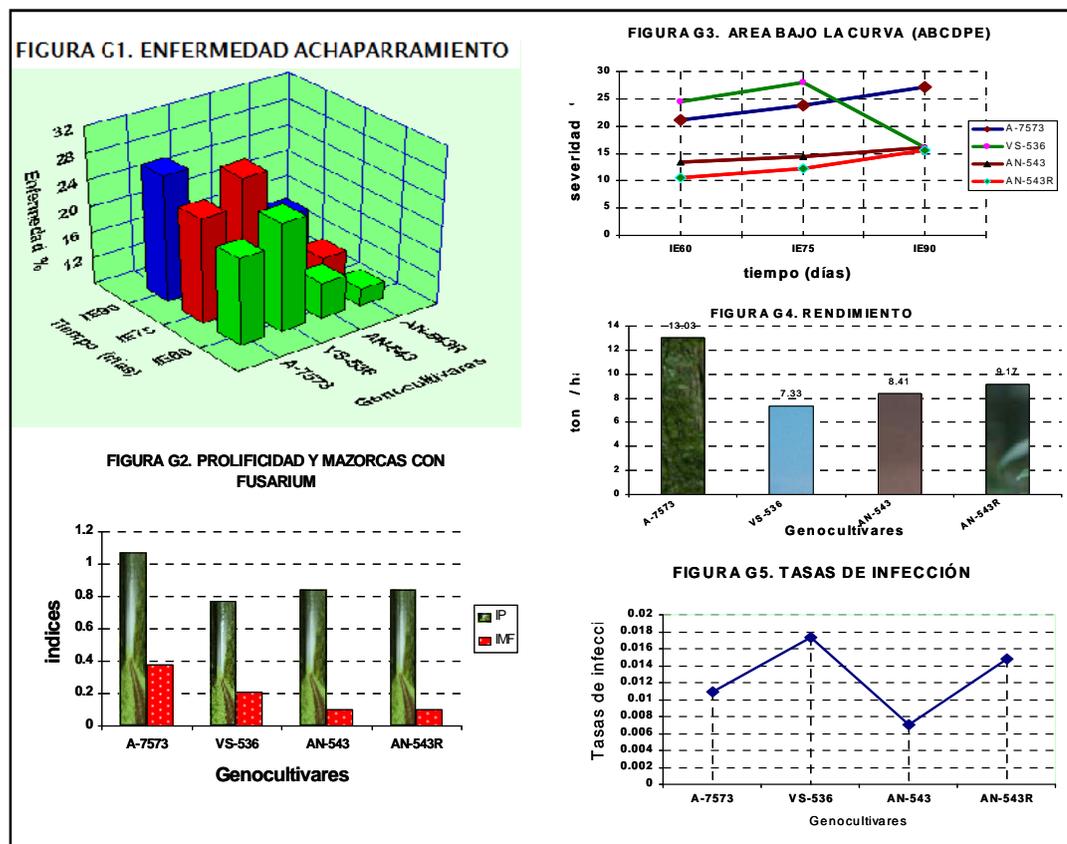
En la figura G3, se presenta el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), esto indica que los materiales de menor ABCDPE fueron los genocultivares AN-543 y 543R con valores de 437.50 y 379.97

porcentaje por día respectivamente, mientras que los testigos comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536 fueron los de mayor severidad con valores de 719.70 y 724.43 porcentaje por día respectivamente por lo tanto se comportaron mas susceptibles.

Para la variable rendimiento (figura G4), el genocultivar testigo comercial A-7573, supero por mucho a los tres restantes en esta variable, con 13.03 toneladas por hectárea, mientras los tres restantes fluctuaron su rendimiento entre 7 y 8 toneladas por hectáreas. Los resultados indican que los genocultivares de mayor índice de prolificidad son los más rendidores, pero que existen variaciones entre fechas de siembra, en este contexto, Hernández *et al*, (2008), menciona que el genocultivar A-7573 es un híbrido de alto rendimiento, por lo tanto este tiene un mayor potencial de producción, comparado con las variedades sintéticas.

En la figura G5, se presenta la variable la tasa de infección, donde el genocultivar AN-543 presento las tasas más inferiores de infección a nivel de 0.007, lo que logro mantenerlo durante todo el ciclo vegetativo después de haberse presentado la infección, seguido de la variedad A-7573 con valor de 0.014. Los datos mas altos de tasas de infección se presento en los genocultivares híbrido A-7573 y variedad VS-536, donde se ve claramente que incrementaron sus niveles de tasas de infección.

Figura G. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. G1 porcentaje enfermedad achaparramiento, G2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, G3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, G4 rendimiento y G5 tasas de infección.



Octava fecha de siembra mes de febrero

Para la variable índices de enfermedad achaparramiento (figura H1), en el cual los genocultivares que menos se enfermaron AN-543R y AN-543 con valores de 16 y 25 por ciento en las tres evaluaciones, y se mantuvieron uniformemente durante todo el desarrollo fenológico del cultivo. Los genocultivares comerciales A-7573 y VS-536, son los que más reflejaron la

enfermedad achaparramiento, con valores de 24 y 29 porciento en la primera evaluación hasta alcanzar valores de 38 porciento en la tercera evaluación.

En las variables índice de prolificidad (IP) y mazorca con fusarium (IMF), en cual se observa que para los índices de IMF el genocultivar A-7573 fue el más afectado (Figura H2) con valor de 85%, siendo este un valor muy alto. Para el caso de los genocultivares VS-536, AN-543 y AN-543R, represento daños menores de 37, 33, 34 porciento, respectivamente. En la variable índice de prolificidad (IP), los valores más altos se obtuvieron en el testigo comercial hibrido A-7573 con 1.04, mientras que los genocultivares restantes como VS-536, AN-543 y AN-543R, presentaron índices de 0.75, 0.71 y 0.63 respectivamente.

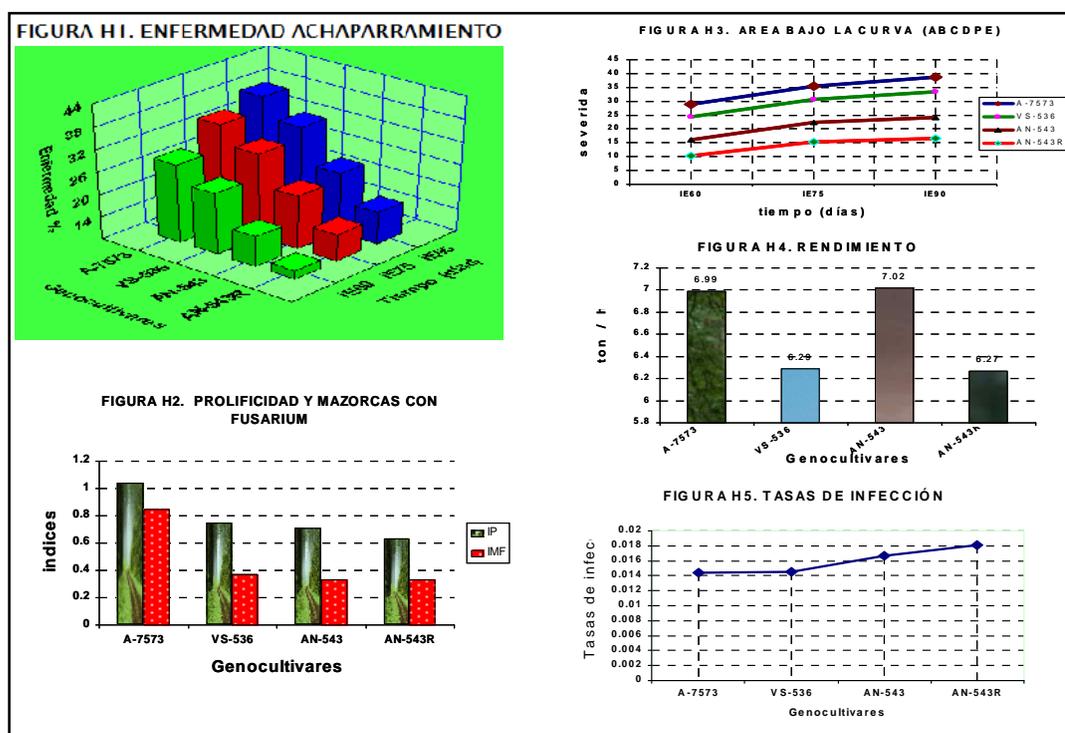
En la figura H3, se muestra la variable el área bajo de curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), en donde el genocultivar AN-543R desarrolló valores de 431.34 porcentaje por día, seguido del material AN-543 con 638.26 porcentaje por día, los genocultivares comerciales A-7573 y VS-536 presentaron mayor ABCDPE.

Para la variable rendimiento presentado en a Figura H4, describe que a pesar de que la variedad AN-543 no fue la más prolífica, resulto ser la que mas peso obtuvo y se ve reflejada en el rendimiento, seguido del hibrido comercial A-7573. Para el caso de las variedades VS- 536 y 543R sus

rendimientos fueron muy similares. En general para esta fecha de siembra los rendimientos fluctuaron en torno a 6 y 7 toneladas por hectárea

En la figura H5, se presenta la variable tasa de infección, en donde el valor mas alto se observo en el genocultivar AN-543R con 0.014, afectando grandemente en la producción; caso contrario sucede con el genocultivar AN-543, donde también manifestó tasa alta de infección pero los rendimientos fueron muy superiores, esto pudo deberse a la presencia de genes de resistencia horizontal que limitaron el desarrollo de la enfermedad durante su desarrollo fonológico; es de mencionarse que en el ultimo muestreo se incrementaron las tasas de infección, debido a la demanda de energía para floración y formación de la mazorca y la disminución del área de tejido verde.

Figura H. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. H1 porcentaje enfermedad achaparramiento, H2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, H3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, H4 rendimiento y H5 tasas de infección.



Novena fecha de siembra mes de marzo

A continuación se muestra las evaluaciones realizadas (figura I1), para la variable índice de achaparramiento y se observa que el genocultivar AN-543R es el que menos se enfermó durante todo el ciclo fenológico, con valores de 8.02 por ciento en la primera evaluación hasta 31.94 por ciento en la tercera evaluación; de igual forma se manifestó el genocultivar AN-543, con índices muy bajos que pasaron de 12 al 46 por ciento en las tres evaluaciones. Los testigos comerciales híbrido A-7573 y variedad VS- 536 sufrieron daños considerables hasta del 80 por ciento de incidencia.

Para las otras variables analizadas mazorcas con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP), presentadas en la figura I2, se manifiesta que el material que más se enfermó para IMF fue el genocultivar comercial A-7573, con valores de 65 por ciento, los demás genocultivares se manifestaron con índices muy inferiores que fluctúan entre 20 y 30 por ciento en de enfermedad. El genocultivar de mayor índice de prolificidad fue A-7573 con valor de 1.2, seguido de la variedad VS-536.

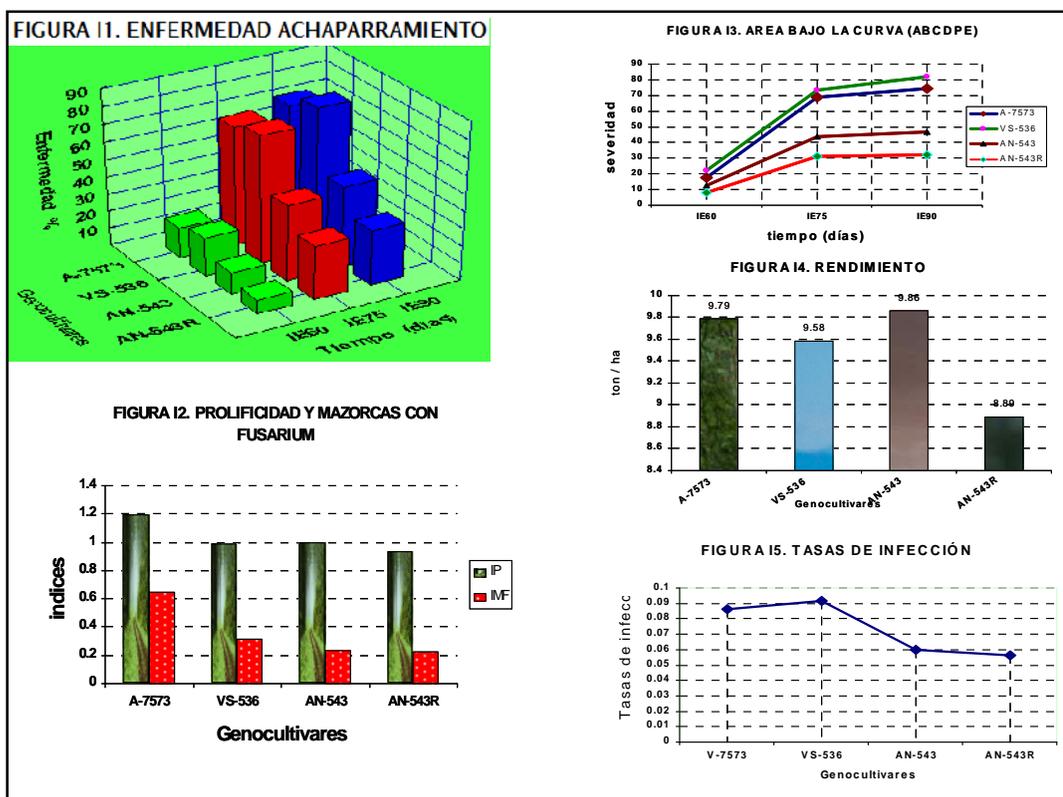
Como se observa en la figura I3, los materiales que menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) desarrollado es en la variedad AN-543R con 765.63 porcentaje por día, seguido por AN-543 con valores de 1101.8 porcentaje por día. Los genocultivares comerciales híbrido

V-7573 y variedad VS-536 presentaron mayor área bajo la curva con valores de 1719.22 y 1880.92 porcentaje por día.

En la figura I4, se presenta la variable rendimiento, donde en el genocultivar AN-543 fue el más rendidor, con valor de 9.86 toneladas por hectárea, seguido de la variedad comercial A-7573 con rendimiento de 9.79 toneladas por hectárea, de igual manera los genocultivares VS-536 y AN-543R presentaron rendimientos de 9.58 y 8.89 toneladas por hectárea.

En la figura I5, se muestra la variable tasa de infección (r), los valores más altos se desarrollaron en los testigos comerciales VS-536 y A-7573 con 0.093, 0.086 respectivamente, mientras que los materiales AN-543 y AN-543R presentaron tasas r inferiores a las anteriores con valores de 0.059 y 0.056 respectivamente.

Figura I. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. I1 porcentaje enfermedad achaparramiento, I2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, I3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, I4 rendimiento y I5 tasas de infección.



Décima fecha de siembra mes de abril

Para esta fecha de siembra (figura J1), se presentaron altos niveles de incidencia a la enfermedad achaparramiento y se manifestaron en el genocultivar híbrido comercial A-7573 y del genocultivar AN-543R, con valores para ambos de 91.54 por ciento de incidencia en la tercera evaluación seguido variedad comercial VS-536 con valor de 63 por ciento de enfermedad. El genocultivar de menor incidencia fue la variedad AN-543 con 46 por ciento, siendo que esta fecha de siembra fue la de mayor presencia de enfermedad achaparramiento comparado con las once restantes dado las

condiciones de humedad baja y altas temperaturas. Las variedades AN-543, AN-543R y VS-536 superaron en rendimiento al híbrido comercial A-7573, lo que demuestra que a pesar del alto grado de infección las variedades lograron mantener su rendimiento en alrededor de 6 toneladas por hectárea.

Para la variable mazorcas con fusarium (figura j2), se indica que el genocultivar AN-543 fue el que más daño sufrió para mazorca con fusarium, con valor de 26 por ciento; mientras que, para los genocultivares AN-543R y VS-536 presentaron el mismo nivel de daño, ubicados en 19 por ciento, y para el mismo efecto el genocultivar A-7573 representó daños del 13 por ciento.

Para la variable índice de prolificidad (figura J2), los índices más altos se obtuvieron en el genotipo A-7573 con 1.17, mientras que los genocultivares restantes como VS-536, AN-543 y AN-543R, presentaron índices inferiores entre 0.9 y 1.

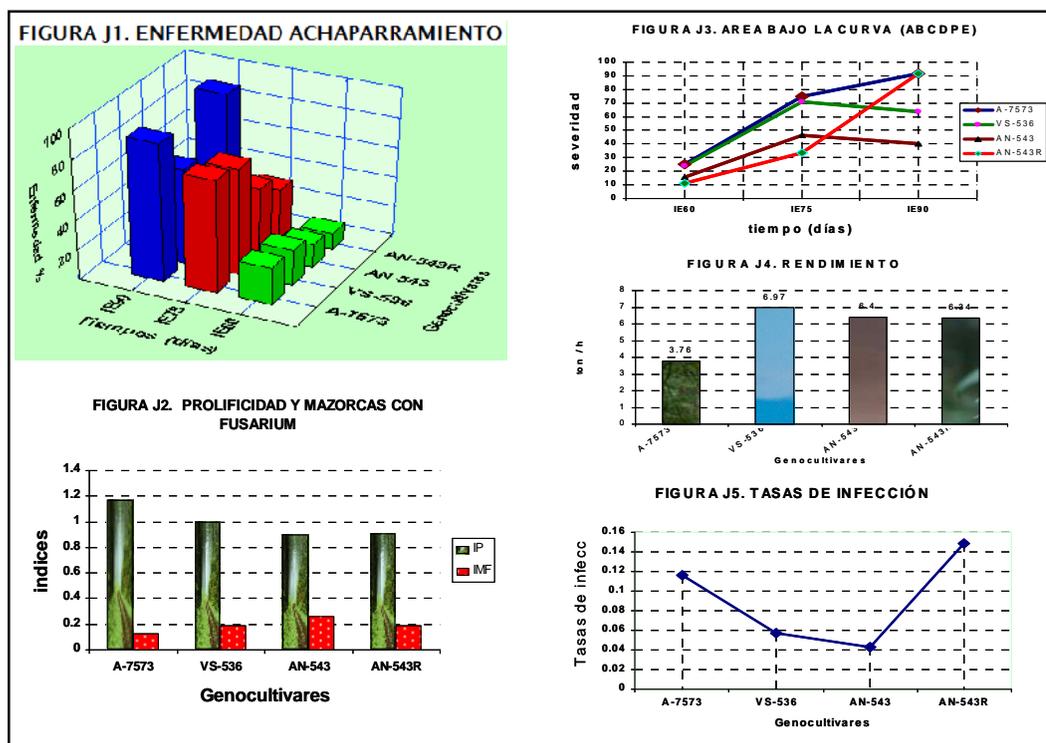
En la figura j3, se presenta la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), donde el genocultivar comercial A-7573 presentó mayor valor de 1999.05 porcentaje por día, lo que representó el índice más alto de enfermedad de todas las fechas de siembra, y se observa un efecto negativo en el rendimiento; en forma análoga se manifestó el material comercial VS-536 con referencias de 1723.48

porcentaje por día. Los genocultivares AN-543 y 543R manifestaron áreas bajo la curva más inferiores que los comerciales.

En la grafica j4, se muestra la variable rendimiento, y el genocultivar de más bajo fue el hibrido A-7573 con 3.76 toneladas por hectárea lo que representa un valor muy bajo comparado con las otras fechas de siembra, mientras los genocultivares VS-536, AN-543 y 543R obtuvieron rendimientos de 6.2, 6.40 y 6.34 toneladas por hectárea respectivamente.

Para la variable tasa de infección (figura j5), se indica que el genocultivar comercial VS-536 y la variedad AN-543, mostraron menores tasas de infección con valores de alrededor de 0.04 y 0.06, respectivamente.

Figura J. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. J1 porcentaje enfermedad achaparramiento, J2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, J3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, J4 rendimiento y J5 tasas de infección.



Onceava fecha de siembra mes de mayo

En las evaluaciones realizadas en la fecha de siembra (figura k1), de la variable índice de enfermedad achaparramiento, se indica que el genocultivar AN-543R es el que menos se enfermó durante todo el ciclo, empezando con incidencias muy bajas de achaparramiento en IE60 con valor de 7.39 porciento y hasta llegar a 34.97 porciento en IE90, seguido el genocultivar AN-543 con valores de 14 a 52 porciento de enfermedad. Particularmente en esta fecha de siembra el genocultivar comercial A-7573 es el que mas se enfermó con valor de 97.37 porciento en la tercera evaluación.

Para las otras variables analizadas índice de mazorcas con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP), mostradas la figura k2, se observa que los materiales que más se enfermaron para IMF fue el genocultivar comercial A-7573 con 88 por ciento, seguido por la variedad VS-536, mientras que para los genocultivares AN-543 y 543R, presentaron índices alrededor de 30 por ciento.

Para índices de prolificidad (figura k2) el valor mas elevado se obtuvo en el genocultivar A-7573 con referencias de 0.91, seguido por la variedad comercial VS-536, además las variedades AN-543 y AN-543R presentaron valores mas bajos con referencias de 0.77 y 0.81 correspondientemente.

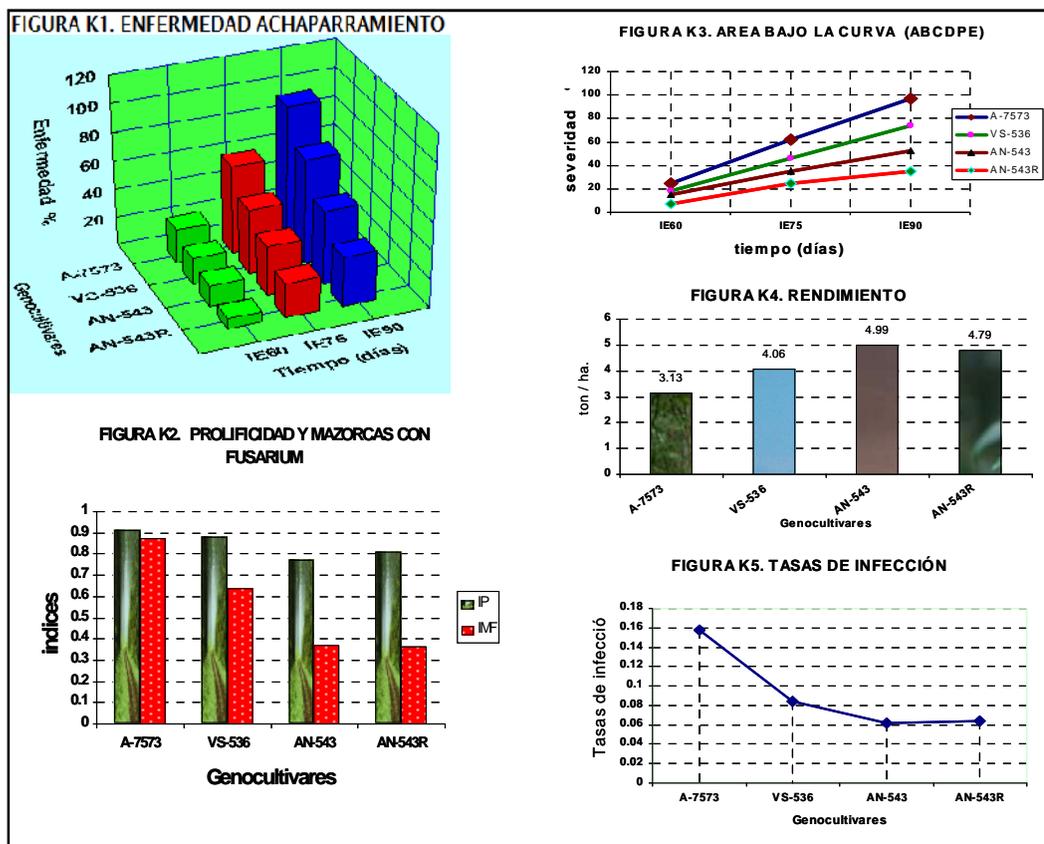
Como se observa en la figura k3, la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), donde se observa que el valor mas pequeño se manifestó es en el genocultivar AN-543R con 681.82 porcentaje por día, seguido por el genocultivar AN-543 con valores de 1033.38 porcentaje por día. Los genocultivares comerciales A-7573 y AN-536, manifestaron mayor ABCDPE con valores de 1847.30 y 1387.07 porcentaje por día respectivamente.

En la figura k4, se muestra la variable rendimiento, donde la variedad AN-543 obtuvo un valor de 4.99 toneladas por hectárea, siendo este genocultivar el de mayor producción en esta fecha de siembra, seguido por la variedad AN-543R con rendimiento de 4.79 toneladas por hectárea, mientras

que para los genocultivares comerciales A-7573 y VS-536 decayó notablemente la producción hasta 3.13 y 4.06 toneladas por hectárea respectivamente comportándole como los mas susceptibles. En general para esta fecha de siembra los rendimientos decayeron notablemente debido a la alta presencia de la enfermedad achaparramiento ocasionada por *Spiroplasma kunkelli*, siendo el mas afectado el hibrido comercial.

En la figura k5, se presentan la tasa de infección (r), donde los valores mas altos se desarrollaron en los testigos comerciales A-7573 y VS-536 con valores de 0.1577 y 0.0845 respectivamente, mientras que los materiales AN-543R y AN-543 presentaron valores de infección de anteriores con datos de 0.061 y 0.063 respectivamente, así mismo se asume que las condiciones de humedad y temperatura influyo en el nivel de tejido enfermo de los genocultivares evaluados, además pudo ser debido a la diferencia en resistencia genética y que fue corroborado en las doce fechas de siembra.

Figura K. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. K1 porcentaje enfermedad achaparramiento, K2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, K3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, K4 rendimiento y K5 tasas de infección.



Doceava fecha de siembra mes de junio

En la figura L1, se presentan la variable índice de achaparramiento, y se muestra que el genocultivar comercial A-7573 inicio con 5.9 porciento de incidencia en la primera evaluación hasta alcanzar 25.34 porciento en la tercera evaluación; el genocultivar que mas incidencia manifestó es la variedad comercial VS-536 con valor de 6.90 y 28 porciento durante las tres evaluaciones.

Para las otras variables analizadas mazorcas con fusarium (IMF) e índice de prolificidad (IP), presentadas en la figura L2, se refleja que los valores mas elevados para IMF fue el genocultivar comercial A-7573 con 88 porciento de enfermedad, seguido del material AN- 543R con 64 porciento. Los genocultivares VS-536 y AN-543R presentaron valores alrededor de 60 porciento de daño.

Para la variable índice de prolificidad (figura L2), los registros mas altos se presentaron en el híbrido comercial A-7573 con 0.97, para los genocultivares VS-536, AN-543 y AN-543R los índices oscilaron entre 0.7 y 0.80 respectivamente.

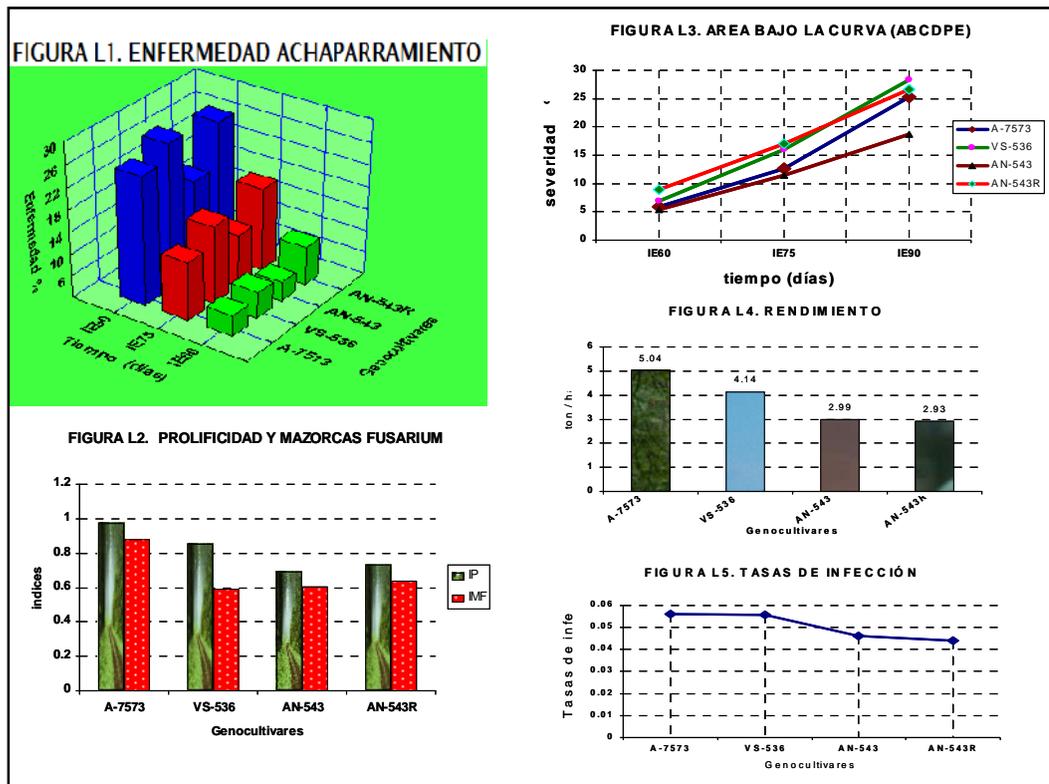
Para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE), presentadas (figura L3), se observa que el mayor valor se alcanzo en el genocultivar AN-543R con valores de 521.87 porcentaje por día; también así se manifestó el genocultivar VS-536 con 504.48 porcentaje por día. El material que menos desarrollo la enfermedad es el genocultivar AN-543, con valor de 352.63 porcentaje por día.

Como se indica para la variable rendimiento (figura L4), en donde el híbrido comercial A-7573 obtuvo el valor mas alto con 5.04 toneladas por hectárea, seguido por la variedad comercial VS-536 con 4.14 toneladas por

hectárea y los genocultivares AN-543 y AN-543R se manifestaron con rendimientos de 2.99 y 2.93 toneladas por hectárea.

En la figura L5, se presenta la tasa de infección (r) y para los genocultivares AN-543 y AN-543R manifiestan las tasas muy bajas de infección con 0.046 y 0.044 proporcionalmente, los valores mas altos de tasa de infección se presentaron en los genocultivares comerciales híbrido A-7573 y variedad VS-536. En general esta fecha de siembra se presentó tasas de infección muy bajas.

Figura L. Comportamiento de cuatro genocultivares para cinco variables. L1 porcentaje enfermedad achaparramiento, L2 índices de prolificidad y mazorcas con fusarium, L3 área bajo la curva de progreso de la enfermedad, L4 rendimiento y L5 tasas de infección.



En el cuadro 3.7, se observa la correlación del rendimiento con el ABCDPE, y Tasa r: primero se explicara el rendimiento con el ABCDPE y decimos, que se encuentran asociado en forma directa, con un valor de correlación positiva de 0.00848, es decir, hay materiales que con índices muy altos de progreso de la enfermedad lograron obtener rendimientos excelentes; la correlación de ambos, se ve afectada por la influencia de los factores abióticos como son temperatura, agua, nutrientes y humedad relativa, ya que bajo condiciones favorables existe un mayor desarrollo del patógeno, lo que conlleva a que los materiales de mayor resistencia genética poligenica inhiben la invasión de la enfermedad en los tejidos de la planta. Segundo se explicará la correlación existente entre rendimiento con tasas de infección, donde se observa notoriamente que existe una correlación negativa de -0.282, lo que indica que los rendimientos se ven afectados a medida que aumenta las tasas de infección. Existen genocultivares que limitan la penetración y establecimientos de los parásitos y que además bloquea su desarrollo, y que logran obtener buen rendimiento; se asume que en estos materiales existe algún tipo de resistencia vertical u horizontal (monogénica o poligenica), tal es el caso de los genocultivares AN-543 y AN-543R quienes manifiestan inhibir los procesos infecciosos a pesar de que el patógeno tiene las condiciones adecuadas para su desarrollo. Para la correlación entre rendimiento y tasa r, el valor de 28% negativo demuestra que existe una dependencia entre estas variables y los de mayor tasa r son mas susceptibles, lo que indica que es buen un método para determinar variedades resistente o susceptibles al achaparramiento, es decir a mayor tasa de infección los rendimientos se ven

afectados significativamente, en este sentido Aguiluz, (1994), reporta que el porcentaje de plantas con achaparramiento muestra asociación estrecha y negativa, altamente significativa, con rendimiento de grano, con un valor de coeficiente de correlación de -0.67, también así, Ortiz *et al*, (1994), reportan que a través de una ecuación de regresión simple tratan de explicar el rendimiento y porcentaje de achaparramiento, sin embargo no es estadísticamente significativa, es decir que al momento de la evaluación la incidencia de achaparramiento no tuvo ningún efecto significativo sobre rendimiento grano. El grado de asociación entre ABCDPE y tasa r es mas estrecha al nivel del 45 por ciento, indicando con esto que los materiales mas susceptibles tienden presentar mayor avance de la enfermedad y naturalmente las mas dotadas genéticamente resistentes o soportan mejor el ataque del patógeno (*Spiroplasma kunkeli*), causante del achaparramiento del maíz, así mismo Hernández *et al*, (2008), mencionan que existe una correlación negativa entre el rendimiento e incidencia de la enfermedad, es decir la baja en rendimiento esta influenciado tanto por el aumento tanto de la incidencia como de la severidad. Tercero la correlación existente entre ABCDPE y tasa r , es de 0.448, es decir se encuentran asociados en un 45 por ciento, presentando diferencias significativas ($p < 0.5$) con la variable rendimiento. El rendimiento y el progreso de la enfermedad actúan de manera independiente; esto indica que el modelo no explica ampliamente toda la variación existente entre los genotipos, esto también pudo ser debido a que algunos genotipos son altamente resistente al achaparramiento y al ser evaluados en conjunto minimizo esta variación. Obando (1997) reporta que la correlación entre

rendimiento y achaparramiento se considera baja; pero que es significativa y explica el 13 por ciento de la variación en el rendimiento.

Los dos métodos anteriormente analizados de área bajo la curva de progreso de la enfermedad y tasas de infección, son usados para determinar niveles de resistencia relacionadas con el rendimiento; de tal forma que se observaron que para este trabajo, el mejor método de detectar niveles de resistencia es el análisis de correlación con tasas de infección (r), lo que corrobora lo planteado en los objetivos de este trabajo, detectar la eficiencia de los dos métodos para niveles de resistencia y su relación con el rendimiento. Para materiales con mayor tasa r se deduce que el rendimiento disminuye, logrando detectar los mejores materiales resistentes para este problema del achaparramiento del maíz ocasionada por *Spiroplasma kunkelli*.

Cuadro 3.7. Análisis de correlación entre rendimiento, ABCDPE y tasa r en cuatro genocultivares de Maíz.

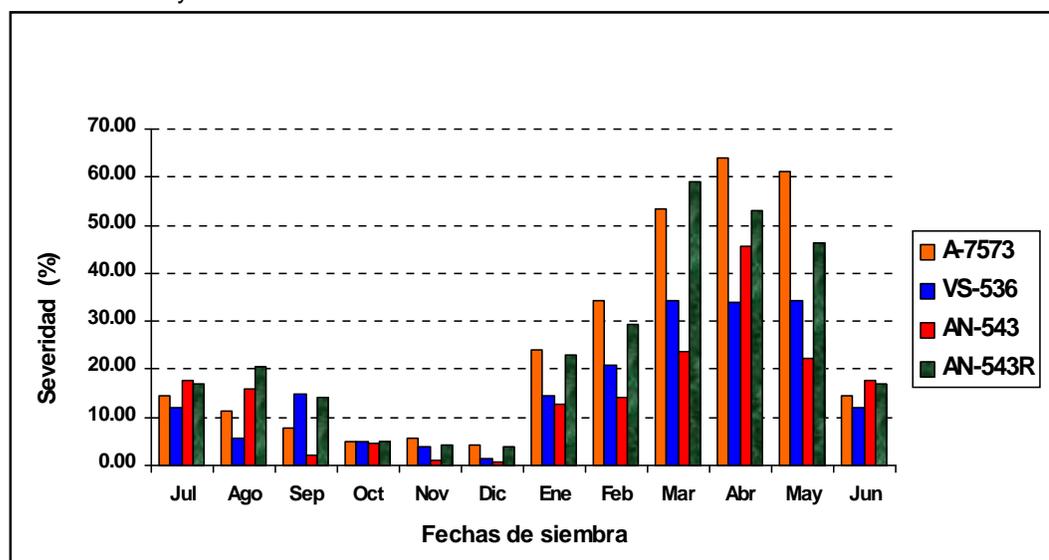
	Rendimiento	ABCDPE	Tasa r
Rendimiento	1	0.00849 ^{ns}	-0.282472969 ^{ns}
ABCPDE	0.0084853 ^{ns}	1	0.44845428*
Tasa r	-0.28247297 ^{ns}	0.44845*	1

*,** Significancia 0.05 y 0.01 respectivamente, ns= no significancia

De las fechas de siembra evaluadas en este trabajo de investigación, se observa a detalle en la figura M, que las fechas de mayor severidad de la enfermedad achaparramiento, se presento en los meses de marzo, abril y mayo, ya que las condiciones ambientales fueron de temperaturas altas baja humedad relativa, lo que propicio tasas altas de

poblaciones de insectos, lo que coincide con lo reportado por Hernández *et al*, (2008), que las fechas de mayor severidad de la enfermedad achaparramiento son los meses de marzo, abril, mayo y junio y las de menor severidad los meses de diciembre, noviembre y octubre. Los efectos mas drásticos se observaron en los genocultivares A-7573, VS-536 con niveles de infección entre 60 y 70 por ciento y su impacto se expreso en bajos rendimientos, comparado con los genocultivares AN-543 y AN-543R, quienes lograron soportar tasas altas de infección, y el rendimiento llego superar a los materiales comerciales.

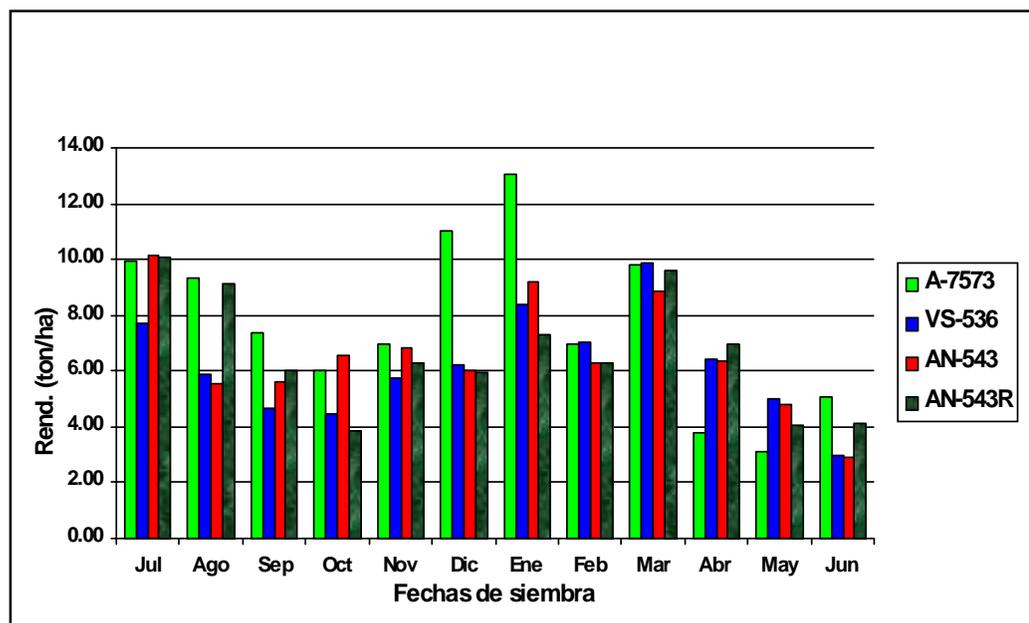
Figura M. Avance severidad de la enfermedad achaparramiento en cuatro genocultivares de maíz y 12 fechas de siembra.



Las fechas de siembra de mayor rendimiento (figura N) fueron diciembre y enero para el genocultivar A-7573 con valor de 13 y 11 toneladas por hectárea, en las fechas julio, agosto y marzo, donde los materiales se comportaron muy parejos en rendimiento y sus valores estuvieron alrededor

de 10 toneladas por hectárea, para las fechas restantes los genocultivares giraron sus rendimientos en 7 y 8 toneladas por hectárea, salvo las fechas de mayo y junio con valores de 4 y 5 toneladas por hectárea. Así mismo se explica los resultados, donde los casos de bajas presencia de enfermedad es decir a nivel de 20 porciento el genocultivar A-7573 manifestó mayor rendimiento, especialmente en las fechas julio, agosto, septiembre, enero, en caso contrario hubo un declive para dicha variable.

Figura N. rendimientos obtenidos en cuatro genocultivares de maíz 12 fechas de siembra.



VI. CONCLUSIONES

- Los testigos comerciales A-7573 y VS-536, obtienen rendimientos muy bajos con alta severidad achaparramiento, mientras que los genocultivares AN-543 y AN-543R logran ser superiores y resistentes.
- La correlación entre rendimiento y tasa de infección (r) fue negativa, mientras que para ABCDPE fue positiva; y el mejor método de detectar niveles de resistencia poligenica, es el análisis de correlación con tasas de infección (r).
- Las fechas de siembra de mayor severidad a la enfermedad achaparramiento fue marzo, abril y mayo, y las de menor octubre, noviembre y diciembre.

V. RESUMEN

Analizando la producción de maíz con respecto a otros cereales se observa que la participación del volumen obtenido de maíz en la producción total de cereales es creciente. Sin embargo, si se producen en regiones potenciales, representa una actividad viable para los agricultores. Así mismo se han detectado que algunas plagas y enfermedades han limitado en cierta manera la producción de este grano. La Justificación del estudio sobre achaparramiento de maíz, se debe a un problema grave en el trópico mexicano, causando grandes pérdidas económicas, y por lo tanto los índices de productividad se han deteriorado gravemente. Los objetivos de este trabajo fueron, evaluar la respuesta de cuatro genotipos de maíz al complejo del achaparramiento (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis* y su relación con el rendimiento, niveles de resistencia mediante área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDPE) y la tasa aparente de infección (r). Para esta investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, evaluándose cuatro genotipos de maíz, diez repeticiones cada una y doce fechas de siembra en Úrsulo Galván Veracruz, bajo condiciones de riego y temporal, realizando tres muestreos por fecha de

siembra con intervalos de quince días cada uno (60, 75 y 90). Los resultados obtenidos para achaparramiento en los genocultivares AN-543 y 543R son más resistentes que los testigos comerciales. Los genocultivares de mayor área bajo la curva (ABCDPE), también presentaron mayor tasa de infección y fueron en las fechas de siembra marzo, abril y mayo donde prevalecieron las altas temperaturas y baja humedad relativa, los testigos comerciales A-7573 y VS-536, son los mas susceptibles.

Los rendimientos más altos de grano en los cuatro genocultivares se obtuvieron en las fechas de baja severidad, alrededor del 20 porciento y escala menor a uno, de la enfermedad achaparramiento, y se atribuye a que el genocultivar híbrido comercial A-7573 rinde mejor bajo estas condiciones, comparado con las variedades VS-536, AN-543 y AN-543R, y en condiciones de severidad de 80 porciento y en escala mayor a cuatro, el genocultivar híbrido comercial redujo su rendimiento en un 50 porciento mientras que las variedades fueron mas consistentes y superiores.

VII. LITERATURA CITADA

Aguiluz A., A. 1994. Respuesta de selección recurrente para Resistencia al achaparramiento del maíz (*Zea mays L.*) en diferentes ambientes de Centro América y México. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.

Altstatt, G. E. 1945. A new corn disease in the Rio Grande Valley. *Plant Disease Report*. 29: 533-534.

Bajet, N. B. and B. L. Renfro. 1989. Occurrence of corn stunt Spiroplasma at different elevations in México. *Plant disease*/vol. 73 No. 11 p 926-931

Castillo, G.P.; Paz, A.M.; Saltaren, L. Fl.; Córdoba, L. E.; Varón De Agudelo, F.; Huertas, C.A.; Gómez, C. 1999. Estudios Biológicos Del Achaparramiento Del Maíz En El Valle Del Cauca. Xx Congreso Ascolfi. Manizales. Junio 30-Julio 2 P.15.

- Castañon, G. D. Jeffers y H. Hidalgo. 2000. Aptitud combinatoria de líneas de maíz tropical con diferente capacidad para tolerar el achaparramiento. *Agronomía mesoamericana*.
- Colon, L.T. and Budding, D.J. 1988. Resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) ten wild *Solanum* species. *Euphytica*, 77 -86.
- Córdoba, C. E.; Saltaren, L. F.; Castillo, G. P.; Varón de Acúdelo. F. 1998. Determinación de Pérdidas Inducidas por Enfermedades de Origen Viral en el Cultivo del Maíz. *Ascolfi Informa* 24(4): 17-19.
- Coutiño, A. A. 1973. Evaluación de siete técnicas de inoculación de hongos causantes de pudriciones en tallos y mazorcas de maíz. Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. Cd. Juarez, Chihuahua. 71p.
- Davis, R., J. F., Worley, R. F. Whitcomb, T. Ishijima and R. L. Steere. 1972 Helical filaments produced by a mycoplasma-like organism associated with corn stunt disease. *Crop Sci.* 176: 521-523.
- Day, P. R. 1972. Crop resistance to pests and pathogens. Pags. 257-272 en pest control strategies for the future. National Academy of science, Wshintong, D. C.

- De León, C.; Pineda, L. y Rodríguez, R. 1984. Resistencia Genética: Una alternativa contra el achaparramiento del maíz. In: XXX Reunión Anual del PCCMCA. Managua, Nicaragua.
- Díaz, C. G., L. D. Ploper, M. R. Gálvez, V. González, M. A. Zamorano, H. E. Jaldo, C, López y J. C. Ramallo. 2005. Efecto de las enfermedades de fin de ciclo en el crecimiento de distintos genotipos de soya relacionado a la fecha de siembra. Agrocientia, Vol. XXI (1):1-7
- Granados, R. R., Maramorosch, K. and Shikata, E. 1968. Micoplasma: Suspected etiologic agent of corn stund. National Academy of Sciences. USA proc. 60:841-844.
- Grogan, C.O. and Rosenkranz, E. 1968. Genetic of host reaction to corn stunt virus. Sci. 8:252-254.
- Henríquez, P., and Jeffers. D. 1997. El achaparramiento del Maíz, Patógenos, Síntomas y Diagnóstico. Síntesis de resultados experimentales del PRM, 1993-1995. CIMMYT-PRM. Guatemala. Vol. 5:283-290.
- Hallauer, A. R.1973. Recurrent selection for polygenic resistance. Report of workshop on the downy mildews of sorghum and Corn. Texas agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 74-1:32-40

Hallauer, A. R. y Miranda, J. B. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding.
Cap. 12 the Iowa State University Press. USA.

Hernández, P. C. J. 2005. Métodos de selección para identificar líneas resistentes y susceptibles al achaparramiento del maíz (*Spiroplasma kunkelli*). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 1-6. Tesis de licenciatura. Banco de tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Hernández, P. C. J., Sánchez A. A., Oyervides, G. A., Cárdenas, E. A., Padrón, C. E. 2008. Comportamiento del achaparramiento en maíz (*Spiroplasma Kunkelli*) en Ursulo, Galván, Veracruz, México. Tesis de maestría. Banco de tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Hidalgo H., D. Jeffers, G. Castañon y F. Rodríguez 1998. Resistencia achaparramiento del maíz mediante infestaciones de *Dalbulus maydis* en maíz. Agronomía Mesoamericana. 9(2):119-124.

IRAT (1977) Institut de Recherches Agronomique Tropicales et des Cultures Vivieras. Bouaké, Ivory Coast . Annu. Rep. Rice Plant Pathol. 1976.

- José, O., Felix N., Ramón C., Rodolfo P., Fidencio G. 1994. Evaluación de la tolerancia al achaparramiento en cultivares amarillos de maíz (*Zea mays L.*). *Agronomía Mesoamericana* 5: 126-130.
- Kindler, S. D., y Staples. 1968. Lack of cytoplasmic inheritance of alfalfa resistance to the spotted aphid. *J. Econ. Entomol.* 63: 938-940.
- Kogan, M., y E. F. Ormant. 1978. Antixenosis a new term proposed to define painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 24: 175- 176.
- Lenardón, S.L.; Laguna, I.G.; Gordón, D.T.; Truol, G.A.; Gómez, J.; Bradfute, O.E. 1993. Identification of Corn Stunt Spiroplasma in Maize from Argentina. *Plant Disease* 77(1):100.
- López, B. A., Oyervides, G. A. Mendoza, E. M., y López, B. S. R. Evaluación de líneas S₃ de maíz para resistencia al achaparramiento causado por *Spiroplasma kunkelli* en el estado de Veracruz, México. Documento pendiente de publicar.
- Luz N. Zúñiga L., Mateo A. Cadena H., José D. Molina G., y Antonio R. P. 1999. Resistencia Genética a los virus X y Y (PVX y PVY) de la papa. *Agrociencia* 33: 389-396.

Mendoza, E. M., López, B. A., Rodríguez, H. S., Oyervides, G. A., De León C., y Jeffers, D. P. 2002. Acción génica de la resistencia al achaparramiento del maíz causado por Spiroplasma, Fitoplasmas y Virus. *Revista Mexicana de Fitopatología* 20:13-17

Mendoza E.M., Andrio E.E., López B.A., Rodríguez G. R., Latourniere M. L., Rodríguez H. S. A. 2005. Tasa de infección de la pudrición del tallo en maíz causada por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana* 17 (1): 19-24.

Muller, K.O., 1959. Hypersensitivity. *In Plant Pathology*, J.G. Horsfall, y A.E. Diamond, Eds., Vol. 1 *Academic Press*, Nueva York, Págs. 469-519

Niks, R.E., Ellis, P.R. & Parlevliet, J.E. 1993. Resistense to parasites. In M.D. Hayward, N.O. Bosermark & I. Romagosa, eds. *Plant breeding: principles and prospects*, p. 422-447. London, Chapman & Hall.

Obando, S. S. R., 1997. Selección de Genotipos de Maíz con resistencia múltiple a achaparramiento, cogollero y barrenador.

- Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in management. Pags. 138-157 . L. Rabb and F. E. Guthrie, eds., Concepts of pest management. North Carolina State University, Raleigh, Carolina del Norte.
- Painter, R. H. 1968. Crops that resist insects provide a way to increase world food supply. Kans. Agric. Exp. St. 520, 22 pags.
- Rodriguez, A. 1961. El achaparramiento del maíz en México.In: VII Reunión Anual del Proyecto Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Maíz. Tegucigalpa Honduras.
- Robinson, S. H., D. A. Wolfenbarger, y R. H. Dilday. 1980. Antixenosis of smooth leaf cotton to the ovipositional response of tobacco budworm. Crop Sci. 20: 646-649.
- Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA 2006-2007
- Shaner, G. and F. D. Hess. 1978. Equations for integrating components of slow leaf-rusting resistance in wheat. Phytopatology 68: 1464-1469.
- Shaner G, Finney R (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox Phytopathology 67:1051-1056

- Smith, D.R. & White, D.G. 1988. Diseases of corn. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, 3rd ed., p. 687-766. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Tingey, W. M. 1985. Plant defensive mechanisms against leafhoppers. Department of entomology. Cornell University. Ithaca, New York.
- Umaerus, V. 1970. Studies on field resistance to *Phytophthora infestans* 5 Mechanisms of resistance and applications to potato breeding. Molecular plant microbe Interactions. Vol. 3, p. 72 -77.
- Urbina, A. R. 1997. Desarrollo de dos poblaciones tropicales de maíz con resistencia complejo del achaparramiento. Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995, Vol. 5(1997), pp. 15-20.
- Van der Plank, J.E., 1968. *Disease resistance in plants*. Academia Press, Inc., Nueva York, 206 Págs.
- Van der Plank, J.E. 1984. Disease resistance in plants, 2nd ed. Orlando, FL, USA, Academic Press.
- Van der Plank, J. E. 1986. Disease Resistance in Plants. Academic Press, N. Y. London, San Francisco

Varón De A., Castillo, G.P., Huertas, C., De León, C., Vanegas, H. 2001,
Achaparramiento Del Maíz Zea Mays En El Valle Del Cauca.
Fitopatología Colombiana 25(2)88-91.

Zwolfer, H., y G. Harris. 1971. Host specificity determination of insects for
biological control o weeds. Annu. Entomol. 16: 157-178

VIII. ANEXOS

Cuadro 7.1 Incidencia de la enfermedad primera fecha de siembra												
REP	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	VS-7573	V-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.1897687	0.26352339	0.222964944	0.33218326	0.5056058	0.508790205	0.54586304	0.62013575	0.972863	0.803855994	1.010.992.276	118.220.897
2	0.2484649	0.35866404	0.131740196	0.37696678	0.4526316	0.712489781	0.45098039	0.75393357	1.021.491	1.397.621.728	0.881127451	118.924.825
3	0.3297619	0.24852941	0.270970696	0.36875	0.6779762	0.467647059	0.55682234	0.71666667	1.276.786	0.909255369	0.874155012	103.465.909
4	0.2239583	0.19912281	0.191883117	0.26969697	0.2708333	0.481578947	0.44837662	0.53939394	0.598958	0.840350877	0.699675325	0.82424242
5	0.1819347	0.26856618	0.113235294	0.28975045	0.4546911	0.771507353	0.15294118	0.51283422	0.860111	1.290.808.824	0.276470588	0.87504456
6	0.2107843	0.21042189	0.34017094	0.3470696	0.5422794	0.580618212	0.52109557	0.65979853	0.959559	0.891499582	1.118.278.943	106.048.951
7	0.3296703	0.21644737	0.201515152	0.29070378	0.6771978	0.64122807	0.55757576	0.58140756	1.470.696	1.058.333.333	0.702272727	100.677.998
8	0.2026942	0.32131109	0.339718615	0.29477814	0.5539004	0.604401629	0.46114719	0.58955628	1.172.619	0.988016917	0.635822511	0.74959416
9	0.1431704	0.35773026	0.187973485	0.39479167	0.3543233	0.902960526	0.5061553	0.76354167	0.691938	1.762.518.275	0.634469697	112.357.955
10	0.2989583	0.31432749	0.1875	0.57820513	0.5645833	0.750292398	0.35267857	107.307.692	1.112.202	1.361.842.105	0.678571429	16.236.791
media	0.2359166	0.27586439	0.218767244	0.35428958	0.5054022	0.642151418	0.4553636	0.68103451	10.137.223	11.304.103	0.751183596	106.695.256

Cuadro 7.2 Incidencia de la enfermedad segunda fecha de siembra												
	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.1129386	0.2100956	0.0634921	0.1094232	0.3489583	0.4351582	0.1269841	0.283546	0.4147478	0.6283521	0.1626984	0.4018075
2	0.1422515	0.1830808	0.1210784	0.325	0.4643275	0.3876263	0.2588235	0.875	0.5663743	0.7146465	0.3343137	10.777.778
3	0.1829545	0.2440476	0.1183036	0.202381	0.5219697	0.7148268	0.2522321	0.452381	0.6530303	0.9713203	0.2678571	0.5654762
4	0.0584416	0.2829346	0.0563187	0.152451	0.1753247	0.7131693	0.1304945	0.3279412	0.2337662	10.259.285	0.1483516	0.4617647
5	0.1520833	0.2050905	0.1053776	0.2129085	0.3590278	0.3479638	0.2924253	0.5186275	0.4416667	0.4941176	0.3071312	0.5869281
6	0.1617297	0.219697	0.0857143	0.1047619	0.4976891	0.5366162	0.2547619	0.3142857	0.6469188	0.8053752	0.2714286	0.4190476
7	0.1256684	0.298744	0.0416667	0.2647145	0.3328877	0.6313995	0.2333333	0.6354895	0.3850267	0.8804426	0.2333333	0.7960373
8	0.0751488	0.2474432	0	0.2250644	0.1976687	0.5974432	0	0.6644277	0.2450397	0.8022727	0	0.8727457
9	0.1284377	0.2329147	0.0192308	0.1619048	0.3315508	0.5075159	0.0384615	0.527381	0.4029794	0.773764	0.0769231	0.647619
10	0.1826821	0.4409091	0.1136364	0.1870301	0.5925704	0.8821023	0.2727273	0.5039474	0.6739102	14.417.614	0.2727273	0.6481203
media	0.1322336	0.2564957	0.0724818	0.1945639	0.3821975	0.5753821	0.1860244	0.5103027	0.466346	0.8537981	0.2074764	0.6477324

Cuadro 7.3 Incidencia de la enfermedad tercera fecha de siembra												
REP	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.15	0.68062201	0.68062201	0	0.164705882	0.716507177	0.716507177	0	0.292156863	0.67700747	0.846889952	0.078947368
2	0.354761905	0.39171123	0.39171123	0.078947368	0.481390977	0.421122995	0.421122995	0.113038278	0.611278195	0.397058824	0.465240642	0.136363636
3	0	0.875490196	0.875490196	0	0.068181818	0.890196078	0.890196078	0	0.272727273	0.48343515	0.934313725	0.0625
4	0.107142857	0.783806818	0.783806818	0.046875	0.211580087	0.837784091	0.837784091	0.046875	0.593073593	0.341346154	0.905965909	0.184210526
5	0.154761905	0.688301282	0.688301282	0.203007519	0.233630952	0.718895688	0.718895688	0.242481203	0.494047619	0.602022059	0.752986597	0.174242424
6	0.113095238	0.345959596	0.345959596	0	0.142316017	0.368686869	0.368686869	0.056818182	0.283549784	0.702777778	0.450757576	0
7	0.437944409	0.675018854	0.675018854	0	0.491515837	0.689724736	0.689724736	0	0.690691661	0.847901003	0.753073152	0.046875
8	0.2625	0.282451923	0.282451923	0.154017857	0.281730769	0.282451923	0.282451923	0.154017857	0.389423077	0.463165266	0.282451923	0.125
9	0.173863636	0.502766532	0.502766532	0.023809524	0.196590909	0.637381916	0.637381916	0.023809524	0.2875	0.824688853	0.810458839	0.047619048
10	0.357792208	0.241025641	0.241025641	0.103146853	0.405519481	0.241025641	0.241025641	0.122377622	0.573701299	0.560236474	0.307692308	0.199300699
media	0.211186216	0.546715408	0.546715408	0.060980412	0.267716273	0.580377711	0.580377711	0.075941767	0.448814936	0.589963903	0.650983062	0.10550587

Cuadro 7.4 Incidencia de la enfermedad cuarta fecha de siembra												
	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.034090909	0.0113636	0.011363636	0.022727273	0.204545455	0.147727273	0.090909091	0.147727273	0.386363636	0.193181818	0.170454545	0.215909091
2	0.022727273	0.022727	0.022727273	0.011363636	0.125	0.181818182	0.136363636	0.125	0.238636364	0.284090909	0.261363636	0.238636364
3	0.011363636	0.022727	0.022727273	0.011363636	0.136363636	0.204545455	0.147727273	0.102272727	0.295454545	0.284090909	0.329545455	0.238636364
4	0.022727273	0.011363	0.011363636	0.022727273	0.136363636	0.147727273	0.068181818	0.170454545	0.25	0.238636364	0.159090909	0.261363636
5	0.022727273	0.022727273	0.045454545	0.034090909	0.125	0.170454545	0.181818182	0.215909091	0.215909091	0.272727273	0.25	0.272727273
6	0.022727273	0.022727273	0	0.022727273	0.147727273	0.193181818	0.022727273	0.147727273	0.227272727	0.238636364	0.125	0.170454545
7	0	0.011363636	0.034090909	0.011363636	0.090909091	0.136363636	0.159090909	0.079545455	0.272727273	0.215909091	0.204545455	0.227272727
8	0.034090909	0.045454545	0.011363636	0.011363636	0.170454545	0.261363636	0.147727273	0.090909091	0.306818182	0.318181818	0.272727273	0.147727273
9	0.022727273	0	0.011363636	0.022727273	0.136363636	0.056818182	0.102272727	0.170454545	0.352272727	0.125	0.261363636	0.227272727
10	0.022727273	0.034090909	0.045454545	0.011363636	0.193181818	0.147727273	0.181818182	0.125	0.25	0.238636364	0.306818182	0.204545455
media	0.021590909	0.020454545	0.021590909	0.018181818	0.146590909	0.164772727	0.123863636	0.1375	0.279545455	0.240909091	0.234090909	0.220454545

Cuadro 7.5 Incidencia de la enfermedad quinta fecha de siembra												
REP	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.0113636	0.045454545	0.034090909	0.022727273	0.0909091	0.045454545	0.068181818	0.034090909	0.0909091	0.090909091	0.227272727	0.034090909
2	0.022727273	0.068181818	0.011363636	0.011363636	0.204545455	0.079545455	0.011363636	0.068181818	0.238636364	0.238636364	0.329545455	0.102272727
3	0.045454545	0.068181818	0.045454545	0.045454545	0.409090909	0.068181818	0.045454545	0.045454545	0.409090909	0.409090909	0.318181818	0.079545455
4	0.068181818	0.090909091	0.045454545	0.011363636	0.375	0.090909091	0.090909091	0.022727273	0.375	0.375	0.363636364	0.090909091
5	0.181818182	0.034090909	0.045454545	0.011363636	0.420454545	0.125	0.068181818	0.022727273	0.556818182	0.556818182	0.409090909	0.090909091
6	0.056818182	0.102272727	0.079545455	0.045454545	0.454545455	0.147727273	0.102272727	0.045454545	0.454545455	0.454545455	0.363636364	0.079545455
7	0.068181818	0.079545455	0.056818182	0	0.318181818	0.079545455	0.079545455	0.056818182	0.318181818	0.318181818	0.318181818	0.125
8	0.034090909	0.090909091	0.056818182	0.011363636	0.227272727	0.090909091	0.159090909	0.011363636	0.227272727	0.227272727	0.204545455	0.090909091
9	0.034090909	0.090909091	0.090909091	0	0.204545455	0.090909091	0.113636364	0.011363636	0.272727273	0.272727273	0.409090909	0.090909091
10	0	0.147727273	0.056818182	0.034090909	0.318181818	0.147727273	0.147727273	0.034090909	0.318181818	0.318181818	0.363636364	0.034090909
media	0.522727236	0.818181818	0.522727273	0.193181818	3.022.727.282	0.965909091	0.886363636	0.352272727	3.261.363.645	3.261.363.636	3.306.818.182	0.818181818

Cuadro 7.6 Incidencia de la enfermedad sexta fecha de siembra												
REP	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.1818182	0.01136364	0	0.01136364	0.1818182	0.04545455	0	0.04545455	0.1931818	0.079545455	0.01136364	0.06818182
2	0.09090909	0.09090909	0.01136364	0	0.09090909	0.09090909	0.04545455	0	0.11363636	0.090909091	0.05681818	0
3	0	0.05681818	0	0	0	0.09090909	0	0	0.03409091	0.113636364	0.01136364	0.02272727
4	0.31818182	0.14772727	0.01136364	0.01136364	0.31818182	0.18181818	0.04545455	0.04545455	0.34090909	0.193181818	0.05681818	0.05681818
5	0.22727273	0.05681818	0.02272727	0.01136364	0.22727273	0.09090909	0.09090909	0.04545455	0.25	0.113636364	0.11363636	0.04545455
6	0.18181818	0.07954545	0.01136364	0	0.18181818	0.18181818	0.04545455	0	0.21590909	0.193181818	0.05681818	0.01136364
7	0.18181818	0.11363636	0.02272727	0.05681818	0.18181818	0.18181818	0.09090909	0.09090909	0.25	0.215909091	0.11363636	0.10227273
8	0.13636364	0.06818182	0.02272727	0	0.13636364	0.13636364	0.09090909	0	0.14772727	0.170454545	0.10227273	0.02272727
9	0.22727273	0.13636364	0.01136364	0.01136364	0.22727273	0.13636364	0.04545455	0.04545455	0.23863636	0.147727273	0.04545455	0.07954545
10	0.10227273	0.11363636	0.01136364	0.02272727	0.13636364	0.18181818	0.04545455	0.09090909	0.17045455	0.204545455	0.04545455	0.10227273
media	0.16477273	0.0875	0.0125	0.0125	0.16818182	0.13181818	0.05	0.03636364	0.19545454	0.152272727	0.06136364	0.05113636

Cuadro 7.7 Incidencia de la enfermedad séptima fecha de siembra												
REP	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	0.875	0.94318182	0.59090909	0.39772727	10.795.455	104.545.455	0.65909091	0.39772727	1.25	0.727272727	0.72727273	0.5
2	0.92045455	0.95454545	0.61363636	0.39772727	0.98863636	109.090.909	0.71590909	0.46590909	115.909.091	0.784090909	0.78409091	0.53409091
3	0.88636364	0.95454545	0.55681818	0.39772727	0.95454545	109.090.909	0.55681818	0.43181818	109.090.909	0.625	0.625	0.53409091
4	0.92045455	1	0.52272727	0.42045455	105.681.818	106.818.182	0.52272727	0.42045455	1.125	0.625	0.625	0.625
5	0.88636364	0.96590909	0.5	0.43181818	105.681.818	113.636.364	0.53409091	0.5	1.125	0.602272727	0.60227273	0.63636364
6	0.82954545	0.96590909	0.54545455	0.44318182	0.93181818	113.636.364	0.54545455	0.51136364	110.227.273	0.613636364	0.61363636	0.61363636
7	0.79545455	0.96590909	0.48863636	0.51136364	0.89772727	113.636.364	0.59090909	0.57954545	103.409.091	0.693181818	0.69318182	0.68181818
8	0.77272727	105.681.818	0.48863636	0.45454545	0.88636364	119.318.182	0.48863636	0.48863636	115.909.091	0.556818182	0.55681818	0.69318182
9	0.80681818	0.96590909	0.54545455	0.42045455	0.94318182	106.818.182	0.57954545	0.52272727	104.545.455	0.613636364	0.61363636	0.65909091
10	0.79545455	0.96590909	0.57954545	0.34090909	0.86363636	117.045.455	0.64772727	0.47727273	0.93181818	0.681818182	0.68181818	0.64772727
media	0.84886364	0.97386364	0.54318182	0.42159091	0.9659091	111.363.636	0.58409091	0.47954545	110.227.273	0.652272727	0.65227273	0.6125

Cuadro 7.8 Incidencia de la enfermedad octava fecha de siembra												
REP	Indice de enfermedad de los materiales											
	Muestreo 1				Muestreo 2				Muestreo 3			
	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R	V-7573	VS-536	VS-543	VS-543R
1	12.272.727	1.170.454.545	0.727272727	0.477272727	14.886.364	1.318.181.818	1.034.090.909	0.647727273	16.590.909	1.454.545.455	1.102.272.727	0.715909091
2	1.147.727.273	1.045.454.545	0.681818182	0.409090909	1.318.181.818	1.25	0.954545455	0.647727273	1.454.545.455	1.352.272.727	1.022.727.273	0.681818182
3	1.227.272.727	0.943181818	0.545454545	0.409090909	1.5	1.181.818.182	0.818181818	0.579545455	1.602.272.727	1.284.090.909	0.931818182	0.647727273
4	1.125	0.931818182	0.659090909	0.386363636	1.465.909.091	1.204.545.455	0.931818182	0.625	1.568.181.818	1.409.090.909	1	0.693181818
5	1.159.090.909	0.965909091	0.693181818	0.465909091	1.363.636.364	1.238.636.364	0.965909091	0.636363636	1.431.818.182	1.340.909.091	1	0.704545455
6	1.204.545.455	0.977272727	0.738636364	0.375	1.454.545.455	1.181.818.182	0.977272727	0.545454545	1.590.909.091	1.284.090.909	1.011.363.636	0.613636364
7	1.227.272.727	1.045.454.545	0.738636364	0.465909091	1.431.818.182	1.25	0.977272727	0.704545455	1.568.181.818	1.284.090.909	1.045.454.545	0.772727273
8	1.159.090.909	0.931818182	0.443181818	0.397727273	1.465.909.091	1.181.818.182	0.647727273	0.602272727	1.534.090.909	1.318.181.818	0.715909091	0.670454545
9	1.125	1	0.727272727	0.420454545	1.227.272.727	1.340.909.091	0.931818182	0.590909091	1.431.818.182	1.443.181.818	1	0.590909091
10	1.068.181.818	0.977272727	0.579545455	0.397727273	1.534.090.909	1.181.818.182	0.875	0.568181818	1.738.636.364	1.318.181.818	0.943181818	0.602272727
media	1.167.045.452	0.998863636	0.653409091	0.420454545	1.425.000.004	1.232.954.545	0.911363636	0.614772727	1.557.954.545	1.348.863.636	0.977272727	0.669318182