

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA

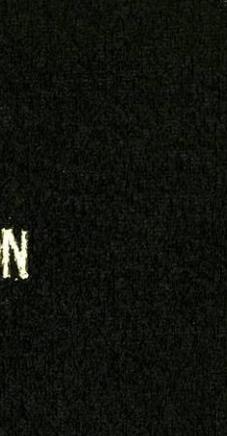


OCURRENCIA DE ENFERMEDADES CON ENFASIS EN VIRUS DEL
MOSAICO ENANO DEL MAIZ (MDMV), EN 25 LINEAS
EXPERIMENTALES DE SORGO PARA GRANO
[Sorghum bicolor (L.) Moench]. MARIN, N. L., 1985

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

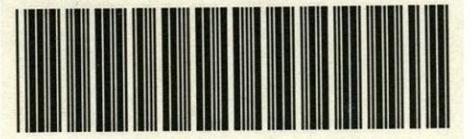
DANIEL RAUL LOZANO HERNANDEZ



MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1987

T
SB608
.S6
L6
c.1



1080062121

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



OCURRENCIA DE ENFERMEDADES CON ENFASIS EN VIRUS DEL
MOSAICO ENANO DEL MAIZ (MDMV), EN 25 LINEAS
EXPERIMENTALES DE SORGO PARA GRANO
[Sorghum bicolor (L.) Moench], MARIN, N. L., 1985

LA TESIS
TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

DANIEL RAUL LOZANO HERNANDEZ

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1987

3790

T
SB608
L.56
L6

040.633
FALG
1987
C.5



Biblioteca Central FONDO
Magna Solidaridad FESALICENOMUNU

F. tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA

T E S I S

Ocurrencia de enfermedades con énfasis en virus del mosaico enano del maíz (MDMV), en 25 Líneas Experimentales de Sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench]. Marín, N.L., 1985.

ELABORADA POR:

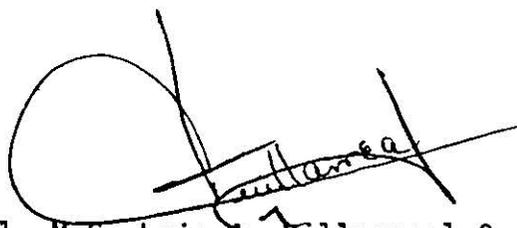
DANIEL RAUL LOZANO HERNANDEZ

Aceptada y aprobada como requisito parcial para optar por el título de INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

LA COMISION REVISORA:



Ph.D. José Luis de la Garza Gzz.
Presidente



Biol. M.C. Luis A. Villarreal G.
Secretario



Ing. M.C. Leonel Romero Herrero
Vocal

A DIOS NUESTRO SEÑOR

Las gracias le doy por dotarme de la virtud del conocimiento, por todas aquellas veces en que yo me encontraba desanimado y sin fuerzas, mediante tu misericordia lograste darme suficiente ánimo para seguir adelante y permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida.

DEDICATORIAS

A MI MADRE:

Sra. Julia Hernández de Lozano

Que con su apoyo y comprensión en momentos difíciles supo acompañarme con su amor, para quien dá todo a cambio de nada y quien perdona y disculpa todo, para quien aún con sus desvelos y mortificaciones supo hacer de mi un profesionista.

Para ella, mi eterno agradecimiento por la bendición de ser mi madre, por todos los esfuerzos y sacrificios realizados.

A MI PADRE:

Sr. Ventura Raúl Lozano Rodríguez

Como un gran agradecimiento por el apoyo brindado durante mis estudios, guiandome por el buen camino de la vida y su deseo inquebrantable de darme una profesión.

A MIS HERMANOS:

Mauricio Carlos (q.e.p.d.)

Gerardo

Micaela Lilián

María Elizabeth

Elisa Margarita

Juan Antonio

Con gran afecto por la unión y cariño
mostrado a través de los años.

A MIS SOBRINOS:

Mauricio Carlos

Luis Antonio

Mauro Gerardo

Luis Alberto

Karla Judith

Corina Elizabeth

Blanca Alicia

Con cariño

PARA:

Ing. Espiridión Rodríguez Villarreal

C.P. Sergio Villarreal Maldonado

Por la motivación para el desempeño de mi profesión, consejos y gran amistad brinda da a través de los años.

Para todos mis maestros, amigos, compañe ros que en forma directa o indirecta intervinieron en el desarrollo y terminación de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis de la Garza González

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento por sus sabios consejos y valiosa colaboración en la dirección del presente trabajo.

Gracias Doctor, por brindarme una gran amistad.

Al Biol. M.C. Luis Angel Villarreal García

Por las sugerencias a este trabajo.

Al Ing. M.C. Apolinar Aguillón Galicia

Por las sugerencias realizadas y el interes mostrado en la culminación de esta tesis.

Al Ing. M.C. Leonel Romero Herrera

Por el apoyo brindado en el presente trabajo.

Al Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFyS) de la Facultad de Agronomía de la UANL (FAUANL), a su Coordinador Ph.D. Ciro G.S. Valdés Lozano y a todo el personal por brindarme su ayuda y compañerismo en este trabajo.

Al personal del Centro de Estadística e Informática de la FAUANL por su ayuda desinteresada en el aspecto estadístico.

Al Sr. Rene H. Martínez Salazar

Fotógrafo profesional especializado y amigo.

Al Sr. Juan Francisco Garnica Zamora

Dibujante y amigo.

A la Sra. Yolanda Díaz Torres

Por su colaboración y sugerencias a la revisión y mecanografía
del presente trabajo.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.	4
2.1. Generalidades.	4
2.2. Importancia económica del virus del mosaico enano del maíz.	10
2.3. Historia y distribución geográfica del virus del mosaico enano del maíz.	12
2.4. Características de la enfermedad.	14
2.4.1. Organismo causal.	15
2.5. Rango de hospederos.	17
2.5.1. Hospederos susceptibles.	17
2.5.2. Hospederos no susceptibles.	20
2.6. Síntomas.	21
2.6.1. Daños producidos por MDMV a la planta.	24
2.6.2. Efecto de la infección del MDMV sobre la respira- ción y fotosíntesis.	26
2.7. Ciclo de la enfermedad.	27
2.8. Formas de transmisión.	29
2.8.1. Transmisión en el campo.	29
2.8.2. Transmisión en el laboratorio.	31
2.9. Clasificación de los virus por la transmisión por insectos.	35

	Página
2.10. Razas del MDMV.	37
2.10.1. Raza MDMV-A.	37
2.10.2. Raza MDMV-B.	39
2.10.3. Hospederos susceptibles a MDMV-B.	41
2.10.4. Relación con otros virus.	41
2.11. Control.	44
2.11.1. Resistencia genética.	45
3. MATERIALES Y METODOS.	48
3.1. Localización.	48
3.2. Materiales.	53
3.2.1. Material no genético.	53
3.2.2. Material genético.	53
3.3. Diseño experimental.	55
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	58
4.1. Desarrollo del experimento.	58
4.2. Resultados estadísticos.	62
5. CONCLUSIONES.	67
6. RECOMENDACIONES.	69
7. RESUMEN.	70
8. LITERATURA CITADA.	73
9. APENDICE.	81

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadros del Texto</u>	Página
1 Reacción de líneas de sorgo para grano a maize dwarf mosaic virus strain A, B y V, sugarcane mosaic virus variante H, el aislamiento de Texas de SCMV-H (Rio Hondo) y la reacción de los años 1981, 82 y 83 al aislamiento Celaya.	34
2 Líneas B y R resistentes al virus MDMV-A.	47
3 Condiciones ambientales de temperatura (°C) en promedio, humedad relativa y precipitación por semana, de Marzo 4 a Junio 30; Ciclo Primavera-Verano, 1985. Marín, N.L.	50
4 Material experimental evaluado para el estudio del virus del mosaico enano del maíz (MDMV), Ciclo Primavera-Verano, 1985. Marín, N.L.	54
5 Algunas enfermedades reportadas en México para sorgo y maíz.	61

1a	Resumen de los principales parámetros estadísticos para las variables estudiadas en el presente experimento. Ocurrencia de enfermedades, con énfasis en virus del mosaico enano del maíz (MDMV) en 25 Líneas Experimentales de Sorgo para grano (<u>Sorghum bicolor</u> (L.) Moench) Marín, N.L. 1985.	82
2a	Rendimiento (kg) por parcela útil, para las diferentes líneas evaluadas en el experimento.	83
3a	Resumen de los análisis de varianza para las variables estudiadas donde se presentan los grados de libertad y cuadrados medios para tratamientos y el error, así como la "F" calculada y el Coeficiente de Variación.	84
4a	Resumen de los análisis de covarianza para las variables estudiadas, donde se presentan los g.l. y C.M. para tratamientos y el error, así como la "F" calculada y el Coeficiente de Variación. Evaluación del MDMV en sorgo para grano (<u>Sorghum bicolor</u> (L.) Moench). Marín, N.L. 1985.	85
5a	Comparación de medias por el método de Tuckey para la variable por ciento de plantas enfermas en primera lectura por las variables No. de plantas enfermas y el to	

	tal de plantas por parcela útil, utilizando los transformados con originales.	86
6a	Comparación de medias por el método de Tukey para la variable rendimiento ajustado por parcela útil (12% de Humedad).	87
7a	Rendimiento promedio esperado (kg) por genotipo al ajustar por medio de análisis de covarianza el rendimiento 12° H con la variable panojas cosechadas por la fórmula de ajuste $Y=y.i - b (\bar{x} - \bar{\bar{X}})$	88
8a.	Relación en la presencia del virus del mosaico enano del maíz en base al porcentaje de infección en primera y segunda lectura, partiendo del rendimiento individual por genotipo.	89

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Observación de partículas virales del virus del mosaico enano del maíz, mediante microscopio electrónico, reproducido 40,000 veces.	16
2	Bastones flexibles del virus del mosaico enano del maíz observado a través del microscopio electrónico (Cortesía R. Toler).	16
3	Ciclo de la enfermedad causada por virus del mosaico enano del maíz (MDMV).	28
4	Temperatura máxima y mínima en promedio durante el desarrollo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> (L.) Moench) de Marzo a Junio de 1985 en Marín, N.L.	51
5	Precipitación por semana (mm) y humedad relativa (%) durante el desarrollo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> (L.) Moench) en el Ciclo Primavera-Verano, 1985 en Marín, N.L.	52
6	Representación esquemática del croquis experimental con su respectiva distribución de tratamientos y dimensiones de las parcelas del experimento. Ciclo Primavera-Verano, 1985. en Marín, N.L.	57

7	Incidencia del virus del mosaico enano del maíz en promedio, expresado en porcentaje de infección durante la primera y segunda lectura, así como su efecto en el rendimiento individual por genotipo, en 25 Líneas Experimentales de Sorgo durante el Ciclo Primavera-Verano, 1985 en Marín, N.L.	65
---	---	----

I. INTRODUCCION

El sorgo para grano se considera uno de los principales cultivos del mundo, por la superficie sembrada se estima que ocupa el quinto lugar después del trigo, arroz, maíz y cebada.

El sorgo es un cultivo que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, lo que lo hace ser valioso en zonas con problemas de escasa precipitación pluvial y elevadas temperaturas, por su utilidad como grano alimenticio para la industria avícola y pecuaria que según Betancourt-(1983) la distribución en la elaboración de estos alimentos es como sigue: ganado porcino 8%, para aves 60% y para ganado vacuno entre el 40-60%; permitiendo liberar grandes volúmenes de maíz y trigo para incorporarlos a la dieta humana. Otras ventajas adicionales del sorgo incluyen su fácil mecanización y su relativa tolerancia a sequía, plagas y enfermedades.

Los sorgos para grano se siembran en regiones con alturas sobre el nivel del mar que oscila entre 0-1850, siendo el rango favorable de 0-1000 msnm, encontrándose bajo riego (35%) y temporal (65%).

Se calcula que en la actualidad, la proporción de mermas en la agricultura a nivel mundial por concepto de enfermedades oscila alrededor del 10%, siendo los países subdesarrollados los más afectados por contar con una agricultura semidesarrollada en que la mayoría de los agricultores no cuentan con los recursos técnicos y financieros suficientes para adquirir y aplicar productos fungicidas y a la vez, al desconocimiento de otros tipos de control de enfermedades.

El sorgo cada año adquiere mayor importancia y el área dedicada a este cultivo crece constantemente, en 1983 con un rendimiento promedio de 3,600 kg/ha, ocupó aproximadamente 1.7 millones de ha, con una producción de 6.0 millones de toneladas, llegando en 1984 a 2'000,000 de ha cultivadas, con una producción de 6.7 millones de ton, convirtiéndose así en el segundo cultivo de importancia nacional.

En México, el sorgo ocupar el tercer lugar en superficie cultivada y el segundo en producción. La región noreste de México principalmente Tamaulipas, es en la actualidad una de las principales productoras de sorgo, en 1981 contribuyó con el 40% de la producción nacional; la zona que abarca los estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco (El Bajío), contribuyó con el 46% de la producción nacional y por último, la zona que abarca el estado de Sinaloa (zona noroeste) contribuyó aproximadamente con el 14% de la producción nacional. Otros estados productores se distinguen Chihuahua, Morelos, Nuevo León y Coahuila.

El 53% de la producción de la producción mundial de sorgo es utilizada para alimentación humana (Hulse et al., 1980). En México, es utilizado en la elaboración de cerveza, vinos y otros tipos de bebidas, así como los sorgos blancos son muy recientemente utilizados en la composición de mezclas para tortillas y harinas, junto con el maíz; harinas que además presentan amplias posibilidades de enriquecimiento nutritivo con aminoácidos y vitaminas (33).

El presente trabajo cuyo objetivo principal era el estudio del mildiú del sorgo (Peronosclerospora sorghi (Westón & Uppal) C.G. Shaw), pero debido a la baja incidencia en el lote experimental, se optó por se-

guir el estudio del virus del mosaico enano del maíz (MDMV). El experimento se realizó en el Campo Experimental de la F.A.U.A.N.L., los objetivos que presenta este trabajo son:

- Conocer el tipo, la frecuencia y el grado de daño que ocasionan las enfermedades al cultivo del sorgo en Nuevo León.
- Identificar cuál de las líneas estudiadas presenta resistencia o susceptibilidad al virus del mosaico enano del maíz.
- Detectar otras enfermedades, identificar y cuantificar su incidencia.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades

Las enfermedades de las plantas fueron tomadas en consideración por el hombre, cuando se dió cuenta que su subsistencia podría ser amenazada por la presencia de ellas (17).

Sólo hace pocos años que los agricultores se han empezado a dar cuenta de la importancia creciente que tienen las enfermedades, las cuales pueden tomar carácter de epidemias, difundirse rápidamente bajo condiciones que las favorece, reduciendo notablemente los rendimientos y afectando la calidad de la cosecha producida. Una enfermedad es la alteración del proceso fisiológico de una planta huésped, causada por la continua irritación de un patógeno durante su actividad celular normal y expresada en una característica patológica llamada síntoma (17).

Las enfermedades de las plantas puede clasificarse en infecciosas y no infecciosas, las enfermedades infecciosas son causadas por organismos patógenos que obtienen su alimento de la planta o de la parte que invaden, como pueden ser: hongos, virus, nemátodos y bacterias. Las enfermedades no infecciosas pueden ser de origen mecánico, causado por el medio ambiente: heladas, granizo, viento, etc. y de origen fisiológico como los desórdenes nutricionales causantes de toxicidad, oxígeno, pH, etc. (17).

El desarrollo de las enfermedades infecciosas son el resultado de la interacción del parásito, del huésped y del medio ambiente, la composición química de la planta, las condiciones físicas del suelo, la humedad del aire alrededor del hospedero, son de gran importancia en la manifes-

tación de muchas enfermedades (17).

Por tal motivo para obtener enfermedad en cualquier cultivo, es necesaria la interacción de los siguientes tres factores: la presencia del patógeno, que las condiciones ambientales sean favorables y el hospedero susceptible (27).

La resistencia del hospedero a los patógenos es evidente por dos tipos de respuesta: el hospedero se opone y evita el establecimiento y progreso del parásito por restricción del sitio o proceso de infección, lo contrario ocurre al hablar de susceptibilidad (17). La resistencia puede ser de dos tipos: "vertical o perpendicular", cuando una variedad es más resistente a algunas razas patógenas que a otras y "horizontal o lateral" cuando la resistencia es para todas las razas patógenas (14).

El medio ambiente, en particular la temperatura, puede alterar la expresión de una enfermedad, puesto que algunos genes de resistencia son sensibles a cambios térmicos; esto se ha comprobado al observar que hay una tendencia general de los genes sensibles a reducir su efectividad al ser más altas las temperaturas, en virosis los síntomas generalmente son más graves a temperaturas bajas y se atenúan con la elevación de ésta, incluso pueden desaparecer completamente; se dice entonces que el virus se ha enmascarado (27, 4).

También la intensidad y calidad de luz y el número de horas luz pueden alterar la resistencia a la enfermedad, debido a los cambios que producen en la morfología y fisiología de la planta. En virus la variación según las estaciones en la intensidad de luz, los síntomas son más visibles en primavera o en otoño que en pleno verano. El contenido de humedad

del suelo puede alterar la respuesta del hospedero al ataque de la enfermedad, por lo general al incrementarse el contenido de humedad en el suelo, se reportará un incremento de la incidencia de la enfermedad, esto puede ser explicable por el hecho de que es mayor la succulencia de los tejidos del hospedero (27, 4).

El problema de la evaluación de pérdidas por enfermedades vegetales y sus efectos sobre la producción agrícola es de importancia primordial en todo el mundo, cada vez es más evidente que las enfermedades de las plantas son enemigos muy variables y para su estudio involucran a los patólogos, entomólogos y los de combate de malezas, puesto que son esenciales los conocimientos tanto técnicos como prácticos tendientes a contrarrestar sus deletéreos efectos, por las diferentes medidas de prevención (9,22).

Las plantas de sorgo pueden ser afectadas por enfermedades desde que nacen hasta que se cosecha, la cuantía de los daños que causan depende del momento en que se producen, de la parte de la planta que afectan y de la cantidad de plantas afectadas, todo lo cual está íntimamente ligado con una serie de factores como: condiciones climáticas, susceptibilidad de la variedad o del híbrido de sorgo a la enfermedad, vigor de la planta etc. (10).

Las enfermedades producidas por virus han sido un verdadero problema para contrarrestar las pérdidas ocasionadas en la producción de grano y forraje. Actualmente, se cuentan unos 300 virus capaces de infectar las plantas cultivadas o silvestres. Muchos de ellos, son causa de enfermedades de los vegetales cultivados, tanto graves como leves o benignos, pero siempre perjudiciales y por otra parte, más molestas al no disponer nin-

gún medio de lucha directa, sino preventivo (4).

Los virus son enteramente parásitos obligados en huéspedes y tejidos específicos de tamaño submicroscópico y formados por ácido nucléico y proteínas, generalmente no contienen enzimas ni ribosoma de manera que necesitan al hospedante para multiplicarse, la proteína funciona como cubierta protectora del ácido nucléico, el cual es la parte infectiva del virus. Los virus no se dividen ni forman esporas, se multiplican en el seno de la planta huésped, multiplicándose dentro de las células, al hacer que la célula parásitada produzca mayor número de partículas virosas, alterando así el metabolismo de las mismas y acarreado en consecuencia anormalidades funcionales y morfológicas que pueden causar síntomas visibles y se subdividen en razas o estirpes (27).

Los virus solo pueden descubrirse con la ayuda del microscopio electrónico, gracias a un aumento que puede alcanzar las 500,000 veces. Algunos virus en forma de partículas esféricas, que en realidad son poliedros que miden de 15 a 30 millonésimas de milímetro ($m\mu$) de diámetro; otros en forma de filamentos o bastoncillos, de una anchura aproximadamente idéntica, miden de 200 a 700 $m\mu$ de longitud (4).

Si se tienen en cuenta algunas versiones sobre la terminología de virus, algunos investigadores lo caracterizan de la siguiente manera:

Bawden (1964) define al virus como una entidad infectiva submicroscópica, que se multiplica sólo intracelularmente y que es potencialmente patógena.

Stecker (1965) considera a los virus como elementos relativamente simples, con caracteres genéticos determinados y que son transmitidos a

a su descendencia de la misma forma que se transmiten los caracteres hereditarios de una generación a la otra en cualquier tipo de organismo. De vez en cuando son capaces de diferir en algún carácter apreciable y de la misma manera que en los organismos más complejos siguen transmitiéndose con esa diferencia; a este cambio se le denomina "mutación" y es característico de los organismos vivos (22).

Lépine (1964) sostiene que "todas las propiedades de los virus se encuentran bajo la dependencia de su composición química centrada sobre un ácido nucléico., las propiedades son: pequeño tamaño, parasitismo intracelular obligatorio, especificidad y plasticidad (22).

El elemento fundamental de un virus es siempre un nucleo-proteína formada en la mayoría de los casos a partir de un ácido nucléico; el ácido ribonucleico (RNA) (virus de las plantas, la mayoría de los virus de los animales) y el ácido desoxirribonucleico (DNA) (virus de los animales bacteriófagos y de pocas plantas). Este ácido nucléico portador de la virulencia, es susceptible a reproducirse por duplicación, pero hallándose la partícula viral desprovista de un equipo enzimático completo que permita la asimilación energética necesaria para la síntesis del material orgánico (sistema de Lipman) (22).

Los virus tienen un tamaño y un peso mucho mayores que los de las moléculas sencillas, pero inferiores a los de las bacterias y células. No se les considera macromoléculas, sino estructuras dotadas de una organización supermolecular a causa de su mayor complejidad. Para que se sintetice el RNA del virus, se necesita un molde, la enzima polimerasa y el agregado de aminoácidos, que constituirán los nucleótidos, el ácido nucléico

es el resultado de la unión de la gran cantidad de nucleótidos (22).

La secuencia de los nucleótidos del RNA determina la estructura del cistrón. Así, el virus va multiplicando la proteína viral en cuanto al RNA del virus, éste se multiplica por simple división. Una vez que el virus penetra en una célula, emigra hacia los lugares donde ocurrirá su síntesis, antes de despojarse de su cobertura protéica, cuando la migración depende de las corrientes citoplasmáticas, se considera de tipo pasivo. La partícula viral (virión) puede ser sintetizada en el núcleo o en el citoplasma, en el primer caso se producen movimientos de acercamiento del núcleo y del virus, mientras que en el segundo caso, el RNA sale del núcleo y penetra en el citoplasma (22).

La distribución del virus en la planta sucede de célula a célula a través de orificios intercelulares; los plasmodesmos, que conectan las células adyacentes y por el retículo endoplasmático, por vía floemática y por vía xilemática. A través del floema y el xilema la transmisión es muy rápida; se calcula que en 6 minutos puede recorrer 15 cm, mientras que de célula a célula tardan entre 2 y 5 días o más, la temperatura desempeña un papel preponderante, cuanto más elevada sea, más rápida es la dispersión del virus en la planta, posiblemente porque las actividades celulares y las corrientes protoplasmáticas son más aceleradas con el aumento de la temperatura; la nutrición del hospedante, condiciones ambientales, interacción entre patógenos, pueden alterar la multiplicación del virus en las plantas que sirven como fuente de virus (22, 4).

Después de la multiplicación de los virus, éstos pueden estar ubicados en el citoplasma, el retículo endoplasmico, el núcleo, el nucleolo o los cloroplastos, sea en forma dispersa o bien como inclusiones que se

distinguen en amorfas y cristalinas (forma de placas con aspecto de cuerpo geométrico) y pueden ser intranucleares o intracitoplasmáticas (22).

Las purificaciones de virus deben hacerse a temperaturas bajas, entre 0 y 4°C, a fin de aminorar en general los procesos enzimáticos y evitar en particular la acción de la ribonucleasa (22).

Para identificarlos, detectarlos en estado latente, medirlos cuantitativamente, determinar la relación entre distintos virus, etc., cada vez se utiliza más una técnica particular; la serología, el suero de conejo sensibilizado por el virus de una planta reacciona dando una floculación característica cuando se pone en presencia del jugo de otra planta que contenga el mismo virus u otro con él relacionado (22).

2.2. Importancia Económica del Virus del Mosaico Enano del Maíz

El virus del mosaico enano del maíz (MDMV), induce la más importante enfermedad viral que afecta al sorgo en el mundo. Está distribuida ampliamente en campos o tierras bajo próximas a ríos u otros cuerpos de agua, siendo más serio en los lugares donde son comunes el pasto Johnson (Sorghum halepense) y la caña de azúcar (Saccharum officinarum). Frecuentemente la enfermedad reaparece en los mismos campos o en una localidad general en años consecutivos, muchos campos que muestran rastros o una infección ligera un año, son dañados severamente en los años siguientes (8).

Las pérdidas que ocasiona esta enfermedad se han estimado arriba de un 45% de la producción en los Estados del Medio Oeste y Estados del Sureste (E.U.) (1). Tal caso es confirmado por Bockolt y Toler, citados por Wall (58), quienes calcularon en 1964 que el MDMV redujo los rendimientos

de algunas variedades de Texas en un 48%.

El estado de Guanajuato que ocupa el tercer lugar en producción de sorgo a nivel nacional, se observó en experimentos efectuados en 1984, donde en fechas tempranas, del 15 de marzo al 15 de abril, la incidencia de plantas enfermas con MDMV fue mayor, se estimó que el daño que ocasiona varía de 5-10% de la producción de grano (34).

El virus del mosaico enano del maíz (MDMV) considerado económicamente hablando, el cual se identifica con pérdida de grano, es prevaeciente en los E.U., desde los estados que bordean el Golfo de México, hasta el sureste de Ohio, Indiana, Illinois y Missouri y desde el sureste de los Estados de la costa del Atlántico hasta Texas (19).

Las pérdidas han sido más grandes donde zacate infectado está en el campo de sorgo e islas de infección son a menudo observadas alrededor de las manchas de zacate infectado. Las pérdidas por MDMV pueden llegar al 100% si los cultivos susceptibles son infectados durante etapas tempranas de crecimiento, pérdidas del 50% han sido documentadas en lotes experimentales y no son extrañas en lotes comerciales, donde híbridos sensitivos a la hoja roja son plantados. Las más altas pérdidas ocurren cuando la infección ocurre en la etapa de crecimiento de hoja-tallo (1, 13).

En el cultivo del sorgo, las pérdidas por MDMV varían por diferentes cultivos y lotes virales y bajo diferentes condiciones ambientales, las pérdidas en producción de grano están correlacionadas primariamente con el decremento de la altura de las plantas, el porcentaje de área de hoja con jaspeado, el porcentaje de área foliar con hoja roja y copa reducida en fuerza. Otros factores que contribuyen a pérdidas de producción inclu-

yen el desarrollo de menos follaje, esterilidad y reducción en peso de se milla, la madurez de las plantas es retrazada y el retardo predispone a las plantas a infestaciones de mosquita del sorgo (Contarinia sorghicola) (13).

Para evaluar la resistencia y tolerancia del cultivo al MDMV se podría disponer del diseño experimental para la determinación de pérdidas debidas al MDMV, puede ser el siguiente: El número óptimo de hileras y co pias (bloques) para evaluar la resistencia o tolerancia a MDMV mediante un diseño experimental de parcela dividida, se determina la "parcela completa", siendo el genotipo y la "parcela dividida" el tratamiento por ino culación, un control sin inocular e inoculaciones con MDMV-A o B. Siete bloques y cuatro hileras se usarán para tratamiento, la incidencia de enfermedad serán determinadas para cada hilera (28).

El error de varianza y la diferencia mínima significativa (LDS) entre dos medias serán calculadas para todas las combinaciones de dos a sie te bloques y para una a cuatro hilera (28).

2.3. Historia y Distribución Geográfica del Virus del Mosaico Enano del Maíz

El virus del mosaico enano del maíz en sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) fue rerpotado primero a mediados de los 60's y es ahora reconocido como una importante enfermedad viral en sorgo en los E.U.A. y otros países. Las características físicas del virus, síntomas de la enfermedad, vectores, filtros del virus e invernación en los huéspedes ha sido investigada (40).

Esta enfermedad fue observada por vez primera en 1962 sobre pocas plantas de maíz en crecimiento a lo largo del río Ohio, desde entonces el virus causal se ha extendido rápidamente a todas las demás áreas productoras de sorgo de los Estados Unidos. La distribución varía dentro de las áreas, depende de la presencia del virus y la facilidad con que huéspedes de plantas perennes lo adquieren tales como el zacate Johnson (1).

Desde 1964, el MDMV ha llegado a tener una amplia distribución en E.U., en lugares donde crece la caña de azúcar (8). Shepherd, citado por Wall (58) menciona que el MDMV quizás se originó de una mutación del virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV), en una región donde este último es endémico en pastos naturales o en caña de azúcar que crecía cerca de zacate Johnson. El virus incitante (MDMV) infecta rápidamente zacate Johnson y otros pastos, en el sorgo el MDMV y SCMV son difíciles de distinguir. Esta enfermedad fue reconocida como una enfermedad viral sobre sorgo en 1964 y serias epidemias han sido reportadas en los E.U.A., Europa Australia y Sudamérica.(1).

En una conferencia sobre los problemas de virus en maíz en Wooster, Ohio en 1964 (patrocinado por el U.S.D.A. y la Estación Agrícola Experimental de Ohio y atendida por representantes de 32 Estado y Canadá). El consenso fue de que el problema en Ohio y varios otros Estados era probablemente una nueva enfermedad del maíz y sorgo, y acordaron que un cultivo del virus sería depositado en la Colección Americana de Cultivos Tipo, el nombre seleccionado para la enfermedad del maíz fue "mosaico enano del maíz" (MDMV) (26).

Esta enfermedad, según Williams (60) indica que el virus fue encontrado por vez primera cerca de Portsmouth en 1962 en unas pocas parcelas y

que el año siguiente había abarcado 10,000 acres, ocasionando serios daños en algunas áreas, las pérdidas variaron de trazas al 70%.

Se han propuesto infinidad de teorías sobre el origen de esta enfermedad por algunos investigadores, según Toler (49) citado por Nobman 'de Orozco (35) en Texas fue observado por primera vez en 1966, la enfermedad ocasionada por el virus del mosaico enano, su incidencia en algunas áreas fue hasta del 100%.

El MDMV fue identificado en plantas de diversas localidades en el norte de Dakota en 1977, el virus fue detectado en el campo en plantíos tardíos de maíz dulce, zacate Johnson, zacate cola de zorra tierno y zacate cangrejo que son perennes y persistentes durante el invierno (48). En 1977 en cuatro condados en el sureste de Pennsylvania fue reconocido como virosis de maíz. Veintires muestras fueron colectadas en áreas infectadas de zacate Johnson, el virus del mosaico enano del maíz tipo A (MDMV-A) y el virus clorótico enano del maíz (MCMV) fueron recuperados de muestras colectadas en los condados de Franklin, Lancaster y York. el MDMV-A fue recuperado de once (48%) muestras y el MCMV de cinco (22%). Cuatro de las cinco muestras de MCMV fueron positivas y también el MDMV-A, la quinta muestra contenía aislado un MDMV que no fue identificado como dañino, este es el primer reporte de MDMV en Pennsylvania (3).

2.4. Características de la Enfermedad

El virus del mosaico enano del maíz en sorgo en sus primeras fases de desarrollo es muy similar a los síntomas producidos por el mildiú del sorgo (Peronosclerospora sorghi) y puede manifestarse en cuatro formas: mosaico uniforme, mosaico severo a mediados de la etapa de crecimiento y

después pueden presentarse el síntoma hoja-roja a roja-púrpura y finalmente necrosis (29).

2.4.1. Organismo causal

El virus del mosaico enano (MDMV) es solo un componente perteneciente al grupo Potyvirus, esto fue designado después de un ataque epifitótico de maíz en 1964 y fue reportado en sorgo en el mismo año (13).

El MDMV es serológicamente semejante al virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV) y es conocido por algunos investigadores como filtro SCMV-j e "Jg" o como filtro de zacate Johnson de SCMV. Las partículas de virus son largas en forma de bastones flexibles de 15 $m\mu$ de ancho por 750 $m\mu$ de largo, son claramente observadas en el microscopio electrónico o mediante preparación seccionada finamente de hoja remojada, las células infectadas tienen inclusiones prominentes en la forma de aguja agujeradas y proliferaciones de membrana, las pruebas de serología son usadas con propósito de diagnosticar la enfermedad (13).

El SCMV también pertenece al grupo Potyvirus, es semejante al virus Y de la papa, las partículas de virus son bastones flexibles, aproximadamente de 13 $m\mu$ de ancho por 750 $m\mu$ de largo que produce inclusiones de aguja agujerada, el SCMV es transmitido por savia entre huéspedes gramíneos y es inactivado después de 10 minutos al igual que el MDMV en savia entre 56°- 60°C.



FIGURA 1. Observación de partículas virales del virus del mosaico enano del maíz, mediante microscopio electrónico reproducido 40,000 veces.
FUENTE: Ver Referencia (1) de Literatura Consultada



FIGURA 2. Bastones flexibles del virus del mosaico enano del maíz observado a través de microscopio electrónico (Cortesía R. Toler).
FUENTE: Ver referencia (13) de Literatura Consultada.

Al igual que el punto final de dilución, la longevidad "In vitro" pueden ser afectadas a temperaturas de 20°C, por algunos factores tales como la temperatura usada, la fuente de virus, la susceptibilidad de las plantas inoculadas y la población microbiana que se establezca en el jugo (savia infectada). Las lesiones locales de huéspedes por SCMV-E incluye Atlas y 60 sorgos de Kafir combine (13, 26, 35, 5 1).

2.5. Rango de Hospederos

2.5.1. Hospederos susceptibles

Los hospederos juegan un papel importante en la perpetuación y propagación del virus, el rango de hospedantes del virus en estudio se ha considerado que está limitado en gramíneas, las cuales confirmado por muchos investigadores para MDMV, muchas especies de zacates susceptibles a MDMV son anuales, el zacate Johnson (Sorghum halepense (L.) Pers.) perenne y que persiste a través del invierno por rizomas, es el zacate primariamente implicado como proveedor continuo para inocular zacates anuales. Esta no es una mala hierba común considerada en Iowa, sino limitada por la dureza del invierno al helarla en los condados del sureste de Iowa (el MDMV fue descubierto en algunos de los clones dispersos de zacate Johnson en 1965) (11, 35).

En 1967, en un experimento realizado por Ford (11), en donde consigna como el primer reporte de susceptibilidad a MDMV de siete zacates perennes nativos de Iowa que son: Eragrostis capillaris (L.) Nees., Miscanthus sacchariflorus (Maxim.) Hack., Muhlenbergia cuspidata (Torr.) Rydb. M. frondosa (Peir) Fern., Phragmites communis (Trin.), Spartina pectinata (Link.) y Sporobolus asper (Michx) Kunth.

En 1964, en Wooster, Ohio; Lansing y Alexander (26) en experimentos donde realizaron la transmisión mecánica del virus en invernadero por el método de "Carborundum", reportaron que los huéspedes susceptibles al virus fueron: caña de azúcar (Saccharum officinarum (L.)); maíz (Zea mays L.) sorgo (Sorghum vulgare Pers.), zacate sudán (Sorghum vulgare var. sudanese Piper, Hitch.), zacate johnson (Sorghum halepense (L.) Pers); caña silvestre (Arudinaria sp. Michx, Euchlaena mexicana Schrad), zacate proso (Millet panicum (L.) Rick.), cola de zorra verde (Setaria viridis (L.) Beauv). cola de zorra amarilla (S. glauca (L.) Beauv.), cola de zorra gigante (S. magna Griseb), mijo de zorra (S. italica (L.) Beauv), zacate silvestre (Digitaria sanguinalis (L.) Scop.), zacate de la india (Sorghastrum nutans (L.) Nash.), zacate de arena suave (Eragrostis trichodes (Nutt.) Wood), zacate de corral (Echinochloa crusgalli (L.) Beauv), grama de camino (Eleusine indica (L.) Gaernt), ajedrez suave (Bromus mollis L.)

Shepherd (44) consigna como sistemáticamente susceptibles al virus además de los mencionados por Lansing y Alexander (26) a: zacate taza (Erichloa gracilis), mijo perla "común", "estrella", "maravilla blanca" (Pennisetum glaucum (L.) R.Br.), zacate cerda amarilla (Setaria lutescens (Wiegel) F.T. F.T. Hubb), también los sorgos que mostraron susceptibilidad fueron NK125, NK229, doble enano 38, CR5610, Burpee Golden Cross Bantam, así como maíz tierno y pionero 362. Dekalb 640, Dekalb 3 x 1, PAG 347, KINCROST KYTA (maíz mellado).

Amador, J. et al. (1965) (1), consignan la susceptibilidad de varios zacates de MDMV, incluyendo los mencionados por Lansing y Alexander (26) y Shepherd (44) en el estado de Texas, encontrando susceptibilidad en zacates anuales tales como: Alopercurus carolinianus, cola de zorra, Bremus

rubens, Bromus japonicus, Bromo japonés; Bromus tectorum, bromo velloso; Echinochloa crusgalli var frumentarea, mijo del japon, variedad frum., Oriza sativa, arroz, Panicum capillare, Setaria verticillata, Chloris virgata, verdillo plomerito, Echinochloa colonum, Eriochloa contracta, Leptochloa filiformis, desparramado rojo, Panicum fasciculatum. P. texanum, panizo texano. Entre los zacates perennes reportan a: Shizachyrium scoparium var. Arunda donax, carrizo, Cynodon dactylon, zacate bermuda, Leptochloa dubia, desparramado dubiano, Panicum coloratum, macaricari, Panicum virgatum, panizo o hierba espiral, Paspalum dilatatum, Muhlenbergia schreberi, Panicum antidotale, panizo azul. Stenotaphrum secundatum, zacate san Agustín.

En cuanto a la susceptibilidad de zacates a MDMV en otros Estados, menciona a Bromus erectus bromo de las praderas, Miscanthus sacchariflorus, Panicum descompositum, Polyotoca macrophylla, Setaria sphacelata, Trichloaena monachne, Tripsacum floridanum, zacate maicero floridano, Bromus aruenus, Eleusine coracana, mijo africano, Panicum ramosum, Rottboellia exaltata, Setaria faberi, panizo chino, Sorghum virgatum, zacate de Túnez y Echrrharta calycina; siendo un total de 68 zacates, los cuales se han encontrado como hospederos susceptibles que perpetúan y propagan el MDMV (1).

Sehegal et al. (43) reportan dos híbridos de sorgo (Sorghum vulgare) como huéspedes del MDMV con lesiones locales. Las semillas de híbridos de sorgo ARK653 y ARK663 obtenidos del Depto. de Agronomía, Universidad de Arkansas, Fayette-Ville. los ascendientes de estos híbridos son ARK 663- AK3003 (SCH Rock X Tc 410) (Shallu dorado).

Gillaspie (16) encontró que las variedades de caña de azúcar CP44-101, CP48-103, N.Co.310 y posiblemente CP52-68 pueden ser hospedantes para MDMV sin presentar síntomas, a través de experimentos se obtuvieron síntomas en maíz inoculado a partir de la variedad de caña CP48-102, los síntomas aparecieron en forma de una clorosis moderada; tres meses y medio después aparecieron síntomas de mosaico sobre las nuevas hojas en por lo menos una planta de cada una de las variedades CP48-103, CP55-30, CP44-101, CP31-294 y N.Co. 310, estos síntomas de mosaico desaparecieron en menos de un mes después de la aparición.

2.5.2. Hospederos no susceptibles

Experimentos efectuados por Ford (11) en 1967 en Iowa, encontró 30 zacates perennes nativos de Iowa, los cuales no fueron susceptibles a MDMV por inoculación mecánica, siendo éstos los siguientes: Agropyron cristatum (L.) Gaertn., A. elongatum (Host.) Beauv., A. intermedium (Host.) A. repens (L.) Beauv., A. trachycaulum (Link.) Malte., Aristida oligantha Michx., Bouteloua curtispindula (Michx.) Torr., Bromus inermis Leyss., B. purgans L., Dactylis glomerata L., Blymus canadensis L., E. villesus Muhl., E. virginicus, Brianthus ravenae (L.) Beauv. Festuca eliator L., Hystrix patula (L.) Moench., Koeleria cristata (L.) Pers., Leersia oryzoides (L.) Swartz., Muhlenbergia racemosa (Michx.) B.S.P. Oryzopia racemosa (J.E. Smith) Ricker. Phleum pratense L., Pea compressa L., Dactylis nemoralis L., D. trivialis L., Stipa viridula Trin., y Tripsacum dactyloides L.

Tripsacum dactyloides L. es susceptible a MDMV (41, 47); sin embargo, en el experimento de Ford (12), el clón de Iowa aislado después de cinco inoculaciones, no mostró susceptibilidad al MDMV, este resultado es confirmado por Roane y Toutman (37).

No se ha encontrado susceptibilidad en trigo y cebada (48), las infecciones en trigo son raras y han sido reportadas solamente en Nueva York, esto ocurre cerca de plantas que crecen junto a maíz infectado o zacate Johnson, siendo el huésped importante el que inverna. El MDMV en trigo induce hojas blandas (de coloración amarilla por pérdida de clorofila) y moteadas (59).

Aparentemente el MDMV está limitado a gramíneas, ya que en algunos experimentos realizados en especies herbáceas, ninguna de ellas mostró síntomas de infección, después de inoculación mecánica siendo éstas las siguientes: Beta vulgaris L. "U.S.75", Chenopodium amaranticolor Coste & Reyn., C. album L., C. capitatum (L.) Asch., C. guinoa Willd., Cucumis sativus L. "National Pickling", Cucurbita pepa (L.) Taub. Datura stramonium L., Dolichos lablab L., Glycine max (L.) Merr "Bonsei", Gomphrena globosa L., Lycopersicon esculentum Mill., Nicotiana clevelandii Gray., N. glutinosa L., N. mutivaisis Lindl., N. taacum L. "Wisconsin Havana 425". Petunia híbrida Vil., Phaseolus vulgaris L. "Bountiful y Sutter pink". Pisum sativum L. "Telefono enano", Raphanus sativus L. "Maravilla china blanca". Rumex acetosa L., Tetragonia expansa Thunb., Trifolium pratense L. "Kenland", Vicia faba L., Vigna sinensis (Torner) Savi (44).

2.6. Síntomas

Los síntomas causados por mosaico enano del maíz son variados; en las etapas tempranas de crecimiento e infección, las bases de las hojas más jóvenes tienen un verde claro y jaspeado, verde oscuro (mosaico uniforme) o síntomas de un moteado clorótico, etc., a medida que las plantas maduran, el modelo de mosaico se desarrolla dentro de poco, con un verde

claro o manchas cloróticas (mosaico severo); la intensidad de este moteado depende de la constitución genética del híbrido en particular, del estado de infección y ciertas condiciones del medio ambiente (1, 8, 29).

Según Toler (49), citado por Nobman de Orozco (35), indica que los síntomas pueden aparecer cuando las plantas de sorgo tienen solamente unos pocos centímetros de altura, normalmente son más evidentes en dos o tres hojas de la parte superior de la planta como una mancha irregular (moteado clorótico) de áreas de color verde claro u oscuro, frecuentemente entremezcladas con un rayado longitudinal en forma de líneas ininterrumpidas entre las nervaduras de color blanco o amarillo claro (29).

A medida que las plantas se desarrollan, se hace más evidente el enanismo y clorosis, algunas plantas parecen recobrase de los síntomas del moteado a medida que se aproximan a la madurez, debido a que la concentración del virus y/o infectividad específica declina debido a la edad de la hoja (35).

En el año de 1967, el Dr. Carlos de León de la Estación Experimental de Tepalcingo, Morelos, citado por Nobman de Orozco (35), indica que los primeros síntomas del mosaico aparecen en la base de las nuevas hojas cuando todavía se encuentran enrolladas y luego abarcan toda la lámina foliar. En ocasiones se presentan hojas casi totalmente cloróticas y en otras, la clorosis queda confinada a áreas pequeñas, especialmente en la base de las hojas, las cuales presentan bandas anchas de color verde normal; las plantas más jóvenes cuando aparece la infección son las que se retrasan más en su crecimiento, presentándose de un color amarillo más uniforme o clorótico, a medida que las plantas avanzan en edad, los síntomas pueden enmascarse.

El grado de enanismo depende del contenido genético de la variedad, edad de la planta al momento de la infección y de las condiciones ambientales, siendo ocasionado principalmente por la reducción de clorofila; la pérdida de clorofila ocurre primariamente en las áreas entre las venas, pero ocasionalmente, hojas enteras o porciones de hojas se hacen cloróticas excepto en la región a lo largo de las venas que conservan un verde normal (1, 13).

En plantas infectadas con mosaico, las lesiones nunca aparecen húmedas, ni exhiben exudación como en algunas enfermedades bacterianas. Las plantas afectadas severamente son aquellas infectadas después de 5 a 6 semanas de desarrollo, en los casos más severos las plantas puede morir (8).

En las variedades de sorgo portadoras de pigmentación roja, se puede producir síntomas especiales, el síntoma de hoja-roja en las plantas infectadas puede reemplazar al moteado. Este es el otro síntoma prominente, el cual sigue el jaspeado, una coloración roja podría aparecer sobre las hojas, vainas y pedúnculos dependiendo de la cepa de virus, del cultivo y la temperatura, pudiendo cubrir total o parcialmente la lámina foliar; esta condición es inducida cuando las temperaturas nocturnas de 16°C o menos se presentan por un período, las hojas presentan manchas rojas, cuando la planta llega a la madurez, puede no mostrar el moteado encontrándose síntomas de hoja roja, los cuales se difunden, hay coalescencia de áreas infectadas y aparece un rayado (estriás) elongado con centros necróticos y márgenes rojizos (1, 13, 6).

La multiplicación del MDMV, varía con la temperatura, tal caso es el síntoma de hoja-roja, la cual a menudo no se desarrolla en la ausencia de

temperaturas frías (16°C) durante la etapa de desarrollo de la planta, una causa de cambio en la infectividad puede ser debida a un rápido envejecimiento fisiológico de las plantas a temperaturas más altas, la infectividad del MDMV disminuye con el aumento en la edad de la fuente del virus (53).

La disminución de la infectividad puede representar una disminución en la concentración del virus, cambios en la infectividad específica o acumulación de inhibidores en las hojas y plantas más viejas. Aunque algunos inhibidores son de origen genético, otros pueden resultar de las interacciones patógeno-hospedante (53).

Finalmente, se forma un tejido muerto en las orillas de la hoja (necrosis) y progresa a través de la base. El síntoma de hoja-roja puede ser confundida con algunas manchas de hongos foliares o con síntomas avanzados de enfermedades como la estría bacteriana y Xantomiasis (1, 8, 58).

2.6.1. Daños producidos por MDMV a la planta

Las plantas infectadas con MDMV tienen manchas en todas las hojas y la floración suele demorarse o suspenderse y también la producción de semilla. Cuando las plantas muy susceptibles son atacadas a principios de la temporada de crecimiento, a menudo no dan panojas o bien quedan enanas y mal formadas; algunas panojas son parcial o totalmente estériles (1, 8, 29, 58).

Panojas mal formadas y grados variables de esterilidad son síntomas asociados con el desarrollo de la enfermedad, las plantas severamente infectadas podrían faltarles la panoja, la extensión de este síntoma depen

de de la etapa de crecimiento a la hora de la infección y la reacción de la variedad a la infección del virus (1).

La falta de desarrollo de la planta, es otro daño que varía con la reacción de la enfermedad, extrema atrofia del sorgo no es común como en ciertas variedades de maíz, así como una alta incidencia de pudriciones de raíz y tallo ocurren en maíz infectado con MDMV (1, 26).

El MDMV causa también el tizón de la panoja; bajo ciertas condiciones, la semilla de las plantas infectadas con el virus cerca de la panoja no llenan apropiadamente, cuando esto ocurre, los síntomas de la infección pueden estar ausentes en las partes vegetativas de la planta, una excesiva merma de semilla madura puede ser la primera indicación de daño al cultivo, las semillas infectadas son de peso ligero y más pequeñas y pueden ser atacadas por Alternaria más fácilmente que los granos sanos (8).

En un experimento descrito por Alexander et al. (2), en donde los porcentajes de enfermedad y síntomas de severidad fueron comparados al porcentaje de las reducciones de grano enfermo como resultado de la atrofia, necrosis y madurez determinada en sorgo, dando como resultado las reducciones de grano el 10% a plantas con síntomas moderados de mosaico, 25% con síntomas severos, 40% con síntomas de hoja-roja, 70% con síntomas severos de hoja-roja y 100% con síntomas de hoja-roja y necrosis generalizada. Las reducciones de la producción de grano en respuesta a una severidad particular de la enfermedad varía a lo largo de bloques diferentes y puede limitar la exactitud para predecir las reducciones en la producción de granos.

2.6.2. Efecto de la infección del MDMV sobre la respiración y fotosíntesis

Numerosos estudios se han hecho para determinar el efecto que causa el MDMV sobre la respiración y fotosíntesis en la planta mediante inoculaciones mecánicas. Tu y Ford (52) mencionaron que después de inoculaciones en maíz, la actividad respiratoria en hojas sistemáticamente infectadas con el virus se incrementó un 6% siete días después de la inoculación.

Un incremento de 32% en la respiración nueve días después de la inoculación fue correlacionado con la aparición de síntomas de mosaico. La actividad respiratoria descendió después de la aparición de los síntomas, pero permaneció más alta que cuando las hojas estaban sanas (52).

Gates y Gauskas (15) confirmaron lo anterior mediante sus experimentos encontrando que la fotosíntesis en la tercera hoja sistemáticamente infectada con MDMV a los dos días de la postinoculación fue reducida un 8% y permaneció reducida de un 7% a 27% en los siguientes cinco días, en cuanto a la respiración en la tercera hoja sistemáticamente infectada se incrementó a 6% dos días de la postinoculación y permaneció estimulada de 6 a 12% en los siguientes días; la respiración en hojas y raíces infectadas fue de un 11-17% a los cinco y 10 días de la postinoculación, concluyendo que el incremento en la respiración de hojas y raíces es aparentemente concurrente con la más rápida síntesis del virus infeccioso (15).

Al reducirse la fotosíntesis en la planta, se reduce el número y tamaño de los cloroplastos en células de parénquima mesofílico repercutiendo en el daño causado a la planta por enanismo por la reducción de la clorofila (56).

2.7. Ciclo de la Enfermedad

El virus del mosaico enano del maíz (MDMV) persiste en maíz y sorgo, así como en muchas hierbas perennes y anuales, cuando una planta se infecta, ésta permanece infectada de por vida, como lo es el zacate johnson, el cual generalmente es ampliamente distribuido donde se cultiva sorgo para grano, sirviendo también como hospedante exclusivo del inoculante, ya que el MDMV pasa el invierno en sus rizomas que sobreviven bajo tierra debido a que las heladas matan la parte aérea del zacate (1, 13).

Al comienzo de la estación de crecimiento, en la primavera al interrumpir su latencia, las puntas de zacate johnson emergen desde los rizomas infectados y el virus es transmitido de las plantas a los áfidos o pulgones de las cuales se alimentan y luego se traslada a otras cercanas y se lo transmiten. Un solo áfido puede infectar una planta con una sola succión. Después de probar una planta sana, el áfido no puede usualmente transmitir el virus a otra planta, sin haber probado antes una planta infectada (1, 13).

El áfido vuela para cambiar de lugar y asistido por el viento, puede cubrir cientos de km con ayuda de las corrientes de aire, los áfidos virulentos pueden ser rápida y prontamente dispersados transmitiendo el virus a otras cosechas, planta por planta y campo a campo (1, 13).

Generalmente, los áfidos invernan sobre los cereales de granos pequeños y zacates de invierno durante la estación fría, permaneciendo hasta la primavera y es cuando aparecen áfidos hembras que se reproducen partenogenéticamente y dan origen a otras formas de áfidos jóvenes. Varias generaciones pueden aparecer durante la temporada en esta forma, las prime

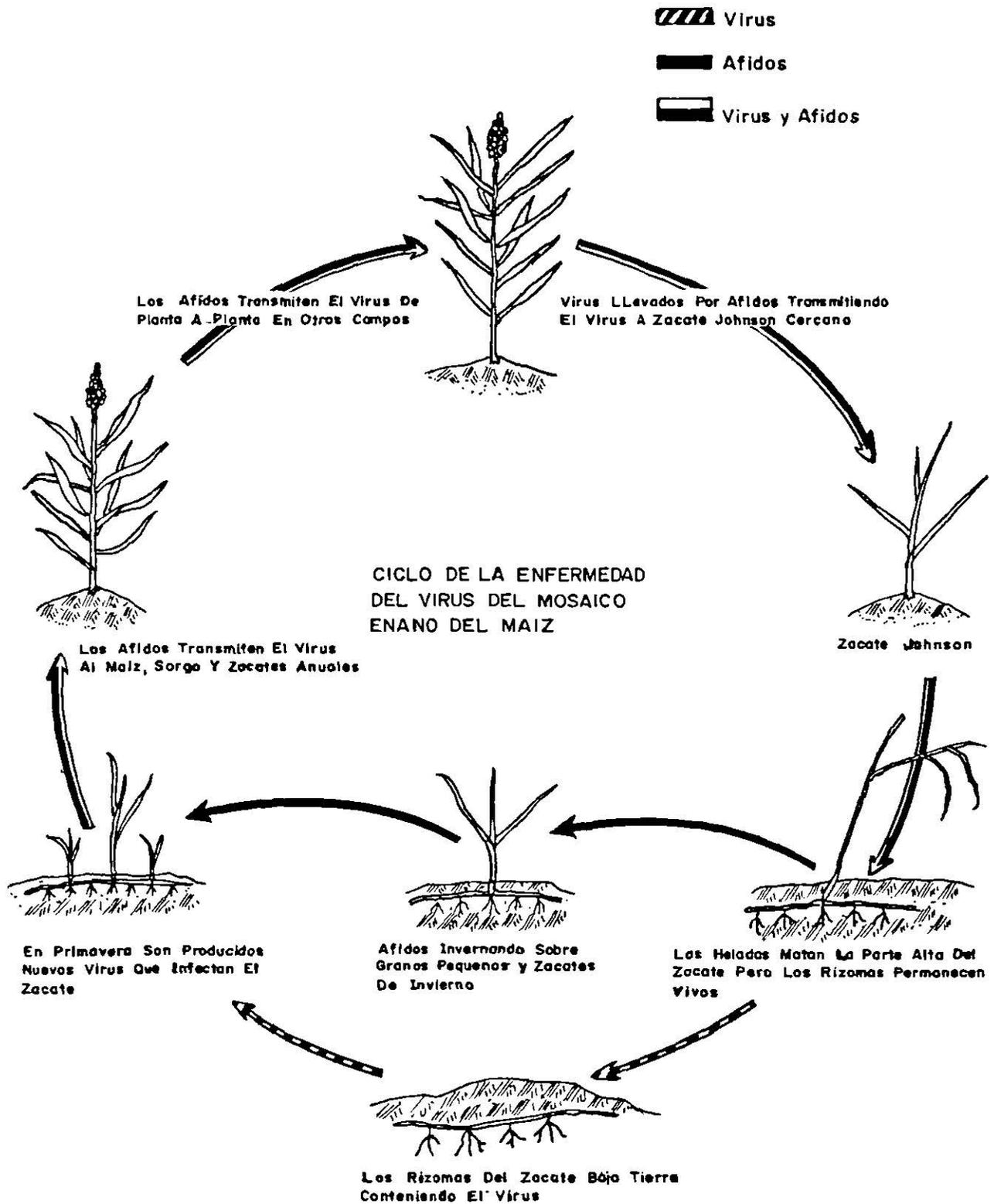


Figura: 3. Ciclo de la enfermedad causada por virus del mosaico enano del maiz (MDMV)
 Fuente: Courtesy International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Hyderabad, India.

ras dos generaciones consisten en individuos ápteros, pero eventualmente aparecen individuos alados que emigran a otros campos. Las estaciones calientes y húmedas favorecen la multiplicación y migración de áfidos, las infecciones ocurren a través de las estaciones de crecimiento, pero son más numerosas en regiones donde los áfidos adultos aparecen más temprano en la estación de crecimiento (1,13).

El aumento y la migración de los áfidos de un campo a otro propagan la enfermedad en forma secundaria, la infección primaria de zacate johnson, disminuye en forma importante a medida que las poblaciones de pulgones se trasladan hacia el norte en cada temporada de crecimiento (1, 58).

2.8. Formas de Transmisión

2.8.1. Transmisión en el campo

En un experimento realizado por Nobman de Orozco (35), señala que los áfidos Rhopalosiphum padi (L.), áfido rojo de la avena, transmite el virus en un rango del 10% y Myzus persicae Sulzer, áfido verde del durazno, puede transmitir el virus en un rango de 12.5%. Myzus persicae es de importancia en la transmisión del virus en el campo, puede retener el virus por un período de 15 a 20 minutos y así, Messieha (32) indica que además de ser un buen transmisor del virus en el hospedante invertante, pasto johnson, como fuente efectiva del virus, los brotes producidos por rizomas infectados sirven como una fuente invernante para los áfidos que son capaces de transmitir la enfermedad. Ambos áfidos fueron identificados por el Dr. W.R. Richards del Depto. de Agricultura del Canadá (8, 35).

Shepherd (44) observó que el virus es transmitido por áfidos en forma no persistente, Myzus persicae lo transmite en un 28 a 70% y Rhopalosiphum

maidis pulgón de la hoja del maíz en un 14%. El virus parece poseer un potencial de dispersión muy rápido. El MDMV difiere esencialmente de las líneas del SCMV encontradas comúnmente, en habilidad para infectar pasto johnson.

Existen otras especies de áfidos capaces de transmitir el MDMV tales como: Dactynotus rudbeciae, áfido dorado; Brebicoryne brassicae, áfido del repollo; Aphis craccivora, afido del chícharo de vaca; Acyrtosiphon pisum, áfido del chícharo; Therioaphis maculata, áfido manchado de la alfalfa; Rhopalomyzus poae, áfido del zacate azul; Aphis gossypii, áfido del melón; Schizaphis graminum, áfido verde; Rhopalosiphum fitchii, áfido de la veta del manzano; Anuraphis maidiradicis, afido de la raíz del maíz (1, 32, 44).

La hoja más suave de cada planta es siempre la seleccionada para alimentarse los áfidos, puesto que 13 especies de áfidos tienen la habilidad para transmitir el virus. La falta para transmitir con mayor efectividad el virus, es probablemente más a una falta de alimentación efectiva sobre especies específicas de zacates que a una pérdida de habilidad para transmitir el MDMV (32, 49).

Las partículas de virus son llevadas en el aparato bucal del áfido que contienen dos pares de estiletes, que son mandíbulas y maxilas, que se deslizan por un canal constituido por el labium; pero a su vez las caras internas de dichos estiletes se hallan ranurados de manera que al aproximarse entre sí, forman como dos tubitos por uno de los cuales el insecto inyecta la saliva, mientras que por el otro succiona una mezcla de jugo de la planta y saliva, lo que explica que solamente la especie de áfido Myzus persicae sea vector de 50 virus diferentes (18).

El áfido al moverse de las plantas infectadas a plantas huéspedes no infectadas, las partículas virales son inyectadas dentro de las células de la planta donde principia la multiplicación, los síntomas comienzan a desarrollarse en 8 a 12 días en la mayoría de las variedades de sorgo, la cantidad de infección que se desarrolla en un campo de sorgo dependerá del número de plantas huéspedes de hibernación en o alrededor del campo y de los niveles de producción de los áfidos (1).

Esta distribución del virus depende del vector movimiento, los áfidos adquieren el virus con 15 seg. o un minuto de prueba. Tu y Ford (55) determinaron que la transmisión de MDMV al maíz por Myzus persicae fue de un 15% para áfidos solos y arriba de 85% para 20 áfidos por planta, el máximo tiempo de retención del virus fue de 25 minutos, la transmisión de MDMV fue positivamente semejante a la edad de la hoja y concentración de MDMV en vivo; la concentración de MDMV fue menor en hojas más viejas, resultado de un decremento de transmisión por áfidos, los áfidos se alimentaron sobre las áreas del mosaico de hojas infectadas transmitiendo más MDMV (13%) que en áreas sin mosaico (3%).

2.8.2. Transmisión en laboratorio

La transmisión mecánica se produce frotando el jugo de una planta enferma en la epidermis de una planta sana, siendo la hoja más suave y tierna la seleccionada para la inoculación. En laboratorio, la transmisión mecánica es la más frecuente, tanto por ser la más fácil de ejecutar, como por ser la que mejor se adapta al estudio de los virus "in vitro". Por lo general, tiene que haber una herida previa en la planta; de lo contrario, el virus no penetra, además la herida debe ser muy pequeña, como la que

bradura de tricomas (18, 22).

El procedimiento consiste en macerar tejidos infectados, filtrar o clarificar el jugo obtenido, luego se aplica el inóculo (jugo celular con el virus) frotándolo suavemente mediante una delicada fricción de los órganos (hojas, tallos, etc.) con una gasa embebida en el jugo o con el dedo, espátula de vidrio o pincel de pintor, sobre las hojas sanas. En las infecciones experimentales, se espolvorea la superficie del órgano, generalmente con la ayuda de un abrasivo fino como el "Carborundum" polvo abrasivo constituido por carburo de calcio de 400 a 500 mallas. Para los ensayos en transmisión mecánica se realizan en la tercera y cuarta hoja de sorgo de dos semanas (18, 22, 42).

En invernadero se pueden inocular plantas con el virus en estudio, siendo estas las plantas test o indicadoras, por las reacciones que producen en plantas huéspedes especialmente elegidas para monitorear el desarrollo de la espifitia, mediante el diagnóstico (transmisión experimental) de las plantas indicadoras (4).

Nobman de Orozco (35), al efectuar la transmisión mecánica en maíz, utilizando la solución $K_2 M PO_4$ (1%) y espolvoreado con carborundum (600 mallas), reportó que las plantas mostraron síntomas a los 8-10 días de la inoculación, observó que durante la primavera y el verano algunas plantas manifestaron síntomas de 4 a 5 días, mientras que en invierno se retrazaron y solo aparecieron a los 15 días y en algunos casos hasta los 20 o 25 días después de la inoculación.

Durante las etapas tempranas de infección, es a menudo encontrar por medio del microscopio electrónico partículas individuales en forma de va-

rilla; y proporcionalmente más inclusión en forma de agujas se encuentran más tarde, el número de inclusiones virales decrece marcadamente como declina la infecciosidad con la hoja (24). Se ha presentado mayor susceptibilidad en plantas tratadas a altas temperaturas antes de llevar a cabo la inoculación que en las tratadas a menor temperatura (54).

El vivero internacional de virus enviado por el Dr. Toler de la Universidad de Texas A & M, ha sido cultivado en Celaya durante 1981, 1982, y 1983. Las plantas han sido inoculadas mecánicamente y en forma natural, la mayoría de las reacciones de las variedades fueron iguales a las observadas previamente en Texas (Cuadro 1). La línea New Mexico 31, ha tenido una reacción más baja a la infección de lo normal; en cambio, la reacción de la línea SC0097-14E fue más severa, todos los "QL" no presentaron síntomas (33).

En cuanto a las purificaciones del virus, Jones y Tolin (23) y Langenberg (25) indican que la falta de éxito en la purificación de MDMV se ha atribuido a la baja concentración inicial del virus en el tejido hospedante, a la inestabilidad del virus después de la extracción de los tejidos afectados, a la segregación durante el proceso de purificación, a la pérdida de infectividad del virus y a la contaminación con las proteínas del hospedante.

A través de varios experimentos se han obtenido resultados satisfactorios para purificar el MDMV mediante centrifugaciones de zona en sucrosa, en columnas de gradiente de densidades ocasionalmente se han encontrado problemas para separar el MDMV de los constituyentes del huésped por este proceso, así el MDMV no siempre forma bandas discretas en las columnas del gradiente de densidades (42, 30). Sehegal y Jong-ho Jean (42) en-

CUADRO 1. Reacción de líneas de sorgo para grano a maize dwarf mosaic virus strains A, B y V, sugaroane mosaic virus variante H, el aislamiento de Texas de SCMV-H (Rto Hondo) y la reacción de los años 1981, 82 y 83 al aislamiento Celaya.

	MDMV-A ³ /		MDMV-A ² /		MDMV-B ¹ /		SCMV-H ² /		SCMV-H ¹ /		CELAYA ¹ /		CELAYA ² /		
	MRL	MN	M	MSRL	O	M	MRLN	M	MRLN	M	MRLN	M	MRLN	M	MSRL
UKY B															
BTx3197 (CK60)	MRL	MN	M	MSRL	O	M	MRLN	M	MRLN	M	MRLN	M	MRLN	M+	MSRL
ATLAS	MRL	MN		MSRL	O		MRLN	MRLN	MRLN		MRLN		MRLN	M+	MSRL
RIO	M	M	M	MSRL	MSRL	M	MSRL	M+	M+	M	M+	M+	M+	M+	M+
3Tx398 (MARTIN)	M	M	M	M	O	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
SAB735	M	M	M	M	O	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
N.MEX. 31	MRL	MN	M	MRL	O	M	MRL	MRLN	MRLN		MRLN		MRLN	M+	M
SC0097-14E	MRL	MN	M	MRL	O	M	MRLN				MRLN		MRLN	M+	M
BTx378	MRL	MN	M	MRL	O	M	MRLN				MRLN		MRLN	M+	M
QL-11	O	O			O									O	O
SC0175-14E	MRL	M	M	MRL	M+	M	MRLN	MRLN	MRLN		MRLN		MRLN	M+	M
8199 PIONEER	M	O	M	M	O	M	M	M	M	M	M	M	M	M+	M
BTx623	M	MN	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
HEGARI															
RTx430	MSRL	MN	M	MRLN	MRLN	M	MRLN	MSRL	MSRL		MRLN		MRLN	M+	MSRL
RTAM 428	M	M	M	M	M	M	M	O	O		M		M	M	M
QL-3 TEXAS	O	O	M-	O	O	O	O	O	O		O		O	O	O
QL-3 INDIA	O	O	M-	O	O	O	O	O	O		O		O	O	O
Tx 7000	MRL	MN	MRL	MRL	O	MRLN	MRLN	MRLN	MRLN		MRLN		MRLN	M	MRLN
Tx 414	M	M	M	M	O	M	M	M	M		M		M	M	M
SA 7078															
Tx 09	M	M	M	M	M+	M	M	M	M						
Tx 412	M	MN	M	M	M+	M	M	M	M						
SA 394	M	MN	M	M	MRLN	MRLN	MRLN	MRLN	MRLN						
PI35038															
Tx 3048	MRL		MRL	MRL	O	MRLN	MRLN	MRLN	MRLN						
INIA COREA															
INIA PUREPECHA															
Q. 7539															
ATx378 x Tx 430															

a/ Datos del estudio del vivero Internacional de Virus por Toller, Tosnow, Ticcelli y Mena
 b/ Datos colectados por Giorda y Alexander bajo la supervisión del Dr. Toller. TAES
 c/ Datos colectados por Narro en el CAEB
 Celaya 1=primera lectura, Celaya 2= segunda lectura
 -----: No se sembró

O = No síntomas
 M = Pocas plantas infectadas con un moderado mosaico
 M- = Mosaico
 M+ = Infección alta con un mosaico severo
 MSRL = Mosaico y una ligera hoja roja
 MRLN = Mosaico y hoja roja
 MRLN = Mosaico, hoja roja y una necrosis foliar generalizada

contraron un proceso satisfactorio para separar MDMV de constituyentes no virales mediante centrifugación de equilibrio en cloruro de cesio (CsCl).

Se han realizado infinidad de experimento para confirmar la transmisión del MDMV por semilla y los resultados han sido negativos, el virus se concentra en todas las partes de la planta aún en lo alto, pero desaparece del grano y declina en hojas más viejas por madurez fisiológica (30, 35).

Shepherd y Holdeman (45) obtuvieron un 0.4% de transmisión de MDMV en maíz, asimismo Williams et al. (60) encontraron transmisión de MDMV a través de la semilla, aunque en un porcentaje muy bajo de 6.7×10^{-5} . Shepherd y Holdeman (45) indicaron que el porcentaje de transmisión puede variar considerablemente en diferentes variedades.

2.9. Clasificación de los Virus por la Transmisión por Insectos

Los mecanismos de transmisión por vectores encontrados hasta ahora, permiten clasificar los virus en tres grupos:

- a). virus portados en el estilete (no persistente). Este tipo de transmisión solo se ha demostrado en áfidos, el áfido adquiere los virus con solo succionar en una planta enferma durante pocos segundos los inocula a una planta sana inmediatamente, mediante succiones también cortas, no hay período de incubación en el vector, después de adquirir el virus, el áfido se mantiene infectivo corto tiempo, generalmente minutos o a lo sumo pocas horas, pasando este período, puede alimentarse en una planta sana sin transmitir la enfermedad, los virus que se transmiten en esta forma son los del grupo de los mosaicos (18).

- b). Virus circulativos (persistentes). La transmisión circulativa se ha demostrado en áfidos chicharritas, crisomélidos, moscas blancas y trips, una vez que adquiere el virus mantiene la capacidad de transmitirlo a plantas sanas durante varios días o por toda su vida, para adquirirlo necesita alimentarse por períodos relativamente largos (varias horas) en la planta enferma y luego alimentarse en la planta sana por varias horas, por lo menos, para poder infectarla. Todos estos virus están limitados al floema y aparentemente se encuentran en concentraciones bajas, lo que explica la necesidad de períodos prolongados de adquisición, si el insecto adquiere los virus circulativos junto con los jugos de la planta, luego las partículas de virus pasan del tracto digestivo a la hemolinfa y aparecen después de un tiempo en las glándulas salivales, el insecto puede permanecer infectivo por largo tiempo, pero en general se vuelve progresivamente menos eficiente como transmisor (18).
- c). Virus propagativos. Las cigarritas transmiten la mayoría de estos virus y los áfidos unos pocos. Los virus circulan por el cuerpo del insectos, pero además, se multiplican en sus tejidos, por lo tanto, el vector permanece usualmente infectivo de por vida, casi siempre con poca pérdida de efectividad transmisora, más aún en algunos casos el virus se transmite a la progenie de hembras efectivas, de manera que se pueden dar generaciones transmisoras sucesivas sin necesidad de que tengan acceso a plantas enfermas, este grupo de virus tiene capacidad de infectar tanto plantas como animales (18).

2.10. Razas del MDMV

De las siete cepas de MDMV (A, B, C, D, E, F y O), sólo la cepa A (MDMV-A) y la B (MDMV-B), han sido observadas en sorgo naturalmente. Las cepas A y B son distinguibles primariamente por el rango de huéspedes, comparaciones serológicas y especificidad de vector (13).

En 1981, en el estado de Guanajuato, por las reacciones de un grupo de indicadores, se supuso que se trataba de MDMV, siendo hasta 1982, cuando se confirmó por medio de serología con la técnica de doble difusión en agar, la presencia de MDMV y en 1984, con la misma técnica se identificaron las variantes A, D, E, y F (34).

2.10.1. Raza MDMV-A

La raza del MDMV-A, conocido también como cepa "J" o cepa SCMV-"J" del virus del mosaico de la caña de azúcar. Estudios realizados confirman lo anterior; en todos los modos donde MDMV-A y SCMV-Jg fueron probados sobre la misma especie de zacate, las reacciones encontradas fueron idénticas para ambas cepas (50).

Propiedades antigénicas de SCMV-Jg más rango de estudio de huésped muestra ser idéntica con MDMV-A. Bond y Pirone mencionan que el MDMV-A podría ser llamado SCMV-"J" o zacate johnson de cepa infectada, Shepherd (51) sugirió en 1965 que estos virus de California y Ohio, serían probablemente considerados como cepas de SCMV.

El MDMV-A originalmente obtenido por el Dr. R.E. Ford en la Universidad Estatal de Iowa, el cual desarrolla tres tipos de síntomas distintos dependiendo de los genotipos y el medio ambiente en sorgo (Sorghum bico-

lor (L.) Moench). El síntoma más común es un tipo de desarrollo del mosaico de amarillo a verde oscuro, los síntomas del mosaico pueden disminuir en intensidad o desaparecer cuando las plantas se aproximan a la madurez. Los síntomas de mosaico son considerados una reacción de resistencia, porque la producción de plantas con síntomas de mosaico son menos reducidas que en campos con severas hojas rojas o síntomas de rayado de hoja (31).

Esta coloración rojiza dispuesta en estriado rojo a la nervadura central, puede cubrir total o parcialmente la lámina foliar; la necrosis de la hoja roja y necrosis sistemática (rayas rojas) desarrollada sobre genotipos específicos. El más tardío es similar a aquel causado por la cepa "J" de SCMV-J de sorgo (31).

La inducción de necrosis (rápido necrosamiento con intensas manchas foliares) en hojas rojas es dependiente de la temperatura y es inducida cuando la temperatura cae a menos de 21°C, mientras que la raya roja es independiente de la temperatura (16°C o menos). La pigmentación asociada con tejido necrótico es dependiente sobre el genotipo del huésped (31).

La producción de plantas susceptibles a la necrosis de la hoja roja ha sido reducida de 35 a 48%, pero esta variará dependiendo de cuando las plantas son infectadas y la frecuencia de temperaturas frescas y duración después de la infección. Si es infectada al principio, las plantas desarrollan síntomas de rayas rojas podrían decaer para producir grano (31).

En experimentos realizados para obtener la dilución óptima para infección de plantas de semilla de sorgo por inoculación mecánica de MDMV-

A, consignan que la óptima es la dilución (Soln. amortiguadora de fosfato de potasio 0.02 m con pH = 6.9) 1:1- del inoculante y para MDMV-B, 1:2 (40).

Se han tenido dificultades al trabajar con MDMV-A, porque las nroteínas se disocian fácilmente del RNA relativo al MDMV-B, después, la banda ancha del virus, puede ser por lo menos una manifestación de la rápida degradación "in virto" del MDMV-A (51).

El Dr. R.W. Toler de la Universidad de Texas, menciona un grupo de diferenciales de sorgo, las cuales son usadas para identificar la línea A del virus "mosaico enano del maíz". Las diferenciales de sorgo son: Tx414, Wiley, Martin (Tx398), Tx09, Tx3197, Redlan (Tx378), Sumac (6550), Caprocl (Tx 7000), N.M. 31 y Río, de acuerdo a la información, Toler indica que el sorgo Río solo presenta mosaico y enanismo (35). La infectividad del virus sobre pasto johnson (Sorghum halepense) sirve para distinguir entre la línea A y la línea B del MDMV (35).

2.10.2. Raza MDMV-B

La cepa del MDMV-B obtenida por J.K. Uyemoto de la Universidad Estatal de Kansas. Algunos investigadores sugieren que la MDMV-B seguramente es una cepa de SCMV y sería de hecho miembro de este grupo. Esta hipótesis es apoyada por la carencia de una reacción con antisuero MDMV-A, el cual ha sido cruz-absorbido con SCMV-D (cepa "D" del virus de la caña de azúcar) el cual había sido cruz-absorbido como MDMV-A y lotes de MDMV-B. Si hay diferencias para merecerlo, el MDMV-B podría ser llamado SCMV-K; (cepa "K" del SCMV), desde que fue descrita después del MDMV-A; sin embargo, en trabajos experimentales el MDMV-B no infectó a la caña de azúcar

en pruebas limitadas (51).

La línea B de MDMV no es capaz de producir infección en zacate johnson (Sorghum halepense). Paulsen y Sill (36) encontraron que al inocular 20 líneas e híbridos de sorgo para grano con las líneas A y B de MDMV, la línea B solo produjo lesiones locales en algunos híbridos, que se manifestaron como manchas alargadas rojas y necróticas. Un caso típico de este síntoma es el sorgo CK60 MS, el cual ha sido reportado con lesiones locales de huésped de MDMV-B (35, 42). En sorgo Atlas el MDMV-B produce daños grandes, necrotismo, lesiones locales después de una semana y eventualmente (cerca de 30 días), síntomas de mosaico sistemático en cuando menos más de la mitad de las plantas (50).

Serológicamente a menudo, el antisuero policlonal hecho para MDMV-A reacciona solo suavemente o no en todas las cepas de virus B, pero el antisuero policlonal de MDMV-B reacciona rápidamente con la cepa del virus A, el MDMV-B parece ser más similar al grupo de SCMV A, B, D y E (13).

En 1982, el M.C. Martínez Alemán hizo pruebas serológicas con antisueros enviados por el Dr. Toler del virus MDMV, variantes A y B, encontrando reacción positiva en la variante B. El mismo año, Narro et al. (33) también realizaron pruebas serológicas a plantas inoculadas, artificial y naturalmente, el MDMV fue el virus más prevalente pero el SCMV fue encontrado en algunas complejas interacciones con MDMV. Además, en 1985 se realizaron pruebas serológicas, Narro (34) en coordinación con Toler y Delgadillo, encontraron reacción positiva a MDMV-A, D, E, F y SCMV- A, D y H.

2.10.3. Hospederos susceptibles a MDMV-B.

Se ha encontrado susceptibilidad de 20 zacates a la reacción que produce la cepa MDMV-B con inoculación mecánica, de los cuales 11 zacates son anuales, a saber: Aira elegans, Digitaria ciliaris, Echinochloa muricata, E. wateri, Eragrostis amabilis, E. capillaris, E. diffusa, E. pectinacea, Eriochloa gracilis, L. filiformis, Setaria faberi y 9 zacates son perennes Andropogon virginicus, Chasmanthium laxum, Digitaria cilliosa, Echinochloa ellioti, Gluceria striata, Leptochloa dubia, Muhlenbergia capillaris, Panicum portoricense y P. scribnerianum (21).

De los 11 huéspedes anuales, E. muricata, E. wateri, E. capillaris, E. diffusa, E. pectinacea, L. filiformis y S. faberi, tienen una amplia distribución en U.S.A. (21).

2.10.4. Relación con otros virus

El virus del mosaico enano del maíz (MDMV) y el virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV), son similares en muchos aspectos y están relacionados serológicamente, estos virus difieren entre sí porque el MDMV infecta pasto johnson, tanto natural como experimentalmente, esta propiedad del virus le da un gran potencial para crecer y mantenerse como su huésped, a diferencia del SCMV que no posee esta capacidad (38).

Por otro lado, el MDMV no causa infección en caña de azúcar (Saccharum officinarum), pero el SCMV sí infecta a maíz. Sin embargo, Gillaspie (16) indica que algunas variedades de caña de azúcar pueden ser portadoras de MDMV y presentar síntomas un mes después de la inoculación, aunque dichos síntomas son diferentes a los que presentan cualquiera de las líneas de SCMV, muchos investigadores consideran que el MDMV es una línea

del SCMV, la cual infecta maíz (20, 47).

Se ha sugerido que el MDMV probablemente se originó como un mutante del SCMV en un área donde éste último es endémico en pastos nativos o en caña de azúcar desarrollada en proximidad al zacate johnson. Una evidencia experimental considerable apoya la creencia de que el MDMV y SCMV están íntimamente relacionados (8). Existe la posibilidad de que haya habido una selección hacia el tamaño más pequeño de las partículas del SCMV para originar otra línea del MDMV (35).

Se ha encontrado que el MDMV Y SCMV son muy similares en cuanto al rango de huéspedes, transmisibilidad mecánica, áfidos vectores, propiedades in vitro, morfología, etc. estas similitudes sumadas a las relaciones serológicas, establece la identidad de MDMV como una cepa del SCMV (8, 43, 26). Estas relaciones pueden quizás ser clarificadas y mejor establecidas por medio de pruebas adicionales usando la prueba de doble difusión con los virus degradados (57).

En zacate johnson, el SCMV no se ha encontrado en forma natural y solo Abbot y Toppel según Dale (5) indican haber obtenido infección en johnson por inoculación mecánica, por estar ampliamente distribuido en la mayoría de los Estados del sur de los E.U. y por infectarlo MDMV.

Teakle et al. (46) indican que la línea de SCMV que infecta zacate johnson (línea SCMV-H) y que en maíz produce el mosaico enano, induce en sorgo dos tipos de síntomas, un mosaico y una necrosis, el mosaico varía con el híbrido de sorgo, la cepa SCMV y el ambiente. Puede causar necrosis en la porción basal de las hojas inoculadas, seguida por una necrosis sistemática en el punto de crecimiento, en la mayoría de los genotipos la

necrosis es de color roja y en algunos es de color canela, el mosaico es menos severo que la necrosis. La transmisión del suelo de SCMV a híbridos - de sorgo-zacate sudán ha sido observada, sin embargo no ha sido identificado un vector del suelo (13).

El SCMV también es semejante a las reacciones de las cepas de MDMV A, C, D, E y F de zacate johnson infectado (19). El SCMV induce una reacción sistemática necrotica acompañada por un moteado suave sobre varias variedades de Sorghum vulgare (43).

Por otra parte, de acuerdo a las indicaciones de Tosic y Ford (50); para separar el virus de la caña de azúcar (SCMV) de las líneas A y B de MDMV, en base a la reacción de algunos hospedantes, se puede determinar por la infección obtenida en Sorghum almun y S. halepense, que se trata de la línea A de MDMV ya que estas especies no son infectadas por la línea B de MDMV, ni por las líneas (cepas) de SCMV, con excepción de la línea H de este virus que si lo hace. La presencia de SCMV en plantas de sorgo, puede ser confirmada por pruebas serológicas por microscopio electrónico, de preparación de hoja remojada o por inoculación de huéspedes diferenciales (13).

El MDMV en cuanto al rango de síntomas presentes en sorgo y maíz, también es parecido a los causados por el virus rayado fino del maíz (VR FM), pero este es ocasionado por vectores del género Dalbulus maidis y Dalbulus elimatus; (chicharritas) y del mosaico clorótico del maíz enano (MCMB) causado por los mismos áfidos vectores. En cuanto al diagnóstico en la formación de estructuras intracelulares (inclusiones virales); el MDMV forma inclusiones citoplasmáticas fibrosas, al igual que el virus mancha anular del papayo, que forma el mismo tipo de inclusión (Avances

en la investigación, 1982. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México).

2.11. Control

La prevención de MDMV por control de áfidos ha sido considerada pero no ha sido investigada suficientemente para garantizar recomendaciones, la aplicación de insecticidas convencionales no puede controlar efectivamente la llegada de áfidos antes de que tengan oportunidad de transmitir el virus (1).

La mejor prevención de infecciones de MDMV es la erradicación de zacates perennes huéspedes tales como: zacate johnson (el huésped invernante), especialmente cuando aparece en nuevos lugares y otros zacates anuales susceptibles alrededor de campos o cerca de campos donde crece el sorgo, con esta práctica se reduce al principio de la estación, la reserva del virus; sin embargo, han ocurrido ataques de MDMV-A en maíz plantado tardío en áreas tan lejos como 400 millas del límite de hibernación del zacate johnson (1, 13).

En el valle de Cauca, Colombia, se han realizado estudio para tratar de controlar pérdidas causadas por el virus, algún esfuerzo está siendo invertido para evaluar los cultivos adaptados de los 800 a 1200 msnm para identificar materiales. A la fecha, 566 cultivos han sido observados en el campo bajo infección natural, en estas pruebas, 63 cultivos fueron identificados sin síntomas; en áreas donde esta enfermedad es un problema será muy difícil el control porque algunos hospedantes identificados son herbajos prevalentes en el área y áfidos vectores está presentes todo el año (30).

El mejor control es el uso de cultivos resistentes desarrollados recientemente, controles de MDMV en casos raros de trigo no han sido garantizados, pero se pueden lograr a través de aislarlos y cultivos limpios (13, 59).

2.11.1. Control por resistencia

El método propuesto para determinar el número de genes para resistencia genética a MDMV, utiliza información de dos clases de plantas (sanas y enfermas) en diferentes generaciones de segregación, para determinar el número de alelos para resistencia que permitirá la expresión bajo las condiciones de prueba, con esta información y con la frecuencia esperada de plantas con un número dado de alelos para resistencia en estas generaciones de segregación, se podrán hacer estimaciones del número de genes para resistencia del progenitor (39).

Dollinger et al. (7) encontraron al estudiar la herencia de la resistencia al MDMV en maíz, que la resistencia fue dominante y consideraron que puede depender de dos a tres genes.

El primer mecanismo de resistencia a ser observado, fue tolerancia en híbridos RS621, Tx414, RS625, Martin (Tx398) y Wheatland (Tx399), Bockolt y Toler (13) en pruebas preliminares observaron que en estas introducciones, las plantas se infectaron y mostraron síntomas de mosaico, pero la producción no es reducida en más de 8%, comparado con la sintomatología en plantas sanas, la mayoría de los híbridos de sorgo comercial utilizan tolerancia en el control de MDMV.

El segundo mecanismo de resistencia a ser encontrado fue resistencia de campo. Cultivos con resistencia de campo se observan con poco nivel de

infección natural de virus, si las plantas son inoculadas mecánicamente; sin embargo, son susceptibles a altas concentraciones de virus; las líneas resistentes en campo incluyen IS12612, C. Rio, IS2549, IS2816 C., TAM 2566 y Q 7539 (13)

La inmunidad fue observada primero en Krish; una cruce entre Sorghum halepense y S. roxburghi, los genes para inmunidad fueron transferidos al grano de sorgo, Q13, en Queensland, Australia, en 1971, dos bultos de grano de sorgo texano, TAM B51 y TAM B52 desarrollados en 1980, ambos tuvieron el recurso Krish de inmunidad a MDMV, El Q13 es inmune no solamente a MDMV-A (incluyendo el lote venezolano), sino también a MDMV-B, SCMV-A y cuatro cepas australianas de SCMV (13).

El recientemente desarrollado Tx2706, es una línea resistente a virus múltiple, es resistente a MDMV-A e inmune a MDMV-B y SCMV-H (13).

Los cultivares de sorgo Martin y Wiley ofrecen genotipos de potencial múltiple de resistencia y pueden ser usados como recurso de resistencia para SCMV y MDMV (13).

En 1983 en el CAEB, se inocularon un grupo de líneas élite B y R en campo e invernadero con el virus MDMV-A, los resultados están presentes en el Cuadro 2 del Texto, lo anterior tuvo como resultado que un gran número de líneas B y R fueran resistentes a este virus (33).

CUADRO 2. Líneas B y R resistentes al virus MDMV-A.

3-252	76CS490
R3338	B175B
LRB-5	76CS478
Tx430	ISIAP DORADO
LRB-34	SC414-12E
BTx399	MB9-1-3-1-1-bk
BTx623	GR-1-46-1-1-1-bk
R300B	GR-2-3-5-1-bk
LRB-12	RTAM428
E13B	CV-223-4-1-1
3E-45B	81EON35
BTx625	CS3541

FUENTE: Referencia 33 de Bibliografía Consultada.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El presente estudio se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 1985, en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), ubicado en la Carretera Zuazua-Ma^urín Km 17. Su ubicación con respecto a las coordenadas geográficas son: 25°53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich; con una elevación sobre el nivel del mar de 367.3 m, sus límites políticos son: Al norte con Dr. González, al sur con Gral. Zuazua, al este con Pesquería y al oeste con Higuera, todos municipios del estado de Nuevo León, el trabajo experimental fue realizado cerca del área irrigada por la presa grande.

Los suelos presentes son del tipo (Hc) calcáricos sedimentarios según Detenat 1973, los suelos son arcillosos, profundos con coloración café claro denominados Vertisoles, con bajo contenido de materia orgánica y con un pH de 7.5, el clima dominante de la región según la clasificación de Koopen, modificada por García, es del tipo $BS_1(h')hX'(e')$, donde los términos significan:

BS_1 Climas secos o áridos con régimen de lluvias de verano, siendo el menos seco de los BS.

$(h')h$ Temperatura anual sobre 22°C y bajo los 18°C en el mes más frío

X' El régimen de lluvias se presenta con intermedio entre verano e invierno con un porcentaje de lluvias invernales mayor del 18%.

(e') Muy extremo, oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayores a 14°C.

Siendo en la región un clima de desierto seco o estepario, donde la temperatura se eleva a más de 40°C durante el verano y desciende a varios grados bajo cero durante el invierno.

La temperatura media anual fluctúa entre 17 a 22°C; en los meses más fríos (diciembre y enero), las temperaturas son menores a los 18°C, siendo extremoso, pues la oscilación entre el día y la noche es mayor de 14°C, las temperaturas más altas se presentan en los meses de julio y agosto, siendo mayor de 25°C, la precipitación promedio anual es de 500 mm con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm, la cual se distribuye en los meses de julio y septiembre y una mínima parte el resto del año.

Los días nublados en el año varían de 90 a 110 días y se presentan en el período de los meses húmedos o lluviosos, los vientos que se presentan en la región son masas de aire marítimo tropical provenientes del noroeste y del norte, cuya velocidad es alrededor de 20 km/hr, las heladas tempranas se establecen en noviembre y las tardías en el mes de enero, refiriéndose al granizo, la presencia anual promedio es de un día.

Ecológicamente, el área de trabajo es representativa de las zonas bajas (0-750 msnm), donde la sierra Madre Oriental tiene menos influencia en el régimen de precipitaciones, esto es, del área más seca de las zonas bajas del estado de Nuevo León.

En el Cuadro 3, se presentan las condiciones climatológicas que se presentaron durante la realización de estos estudios, la Figura 2 muestra la distribución gráfica de la temperatura (°C) durante el ciclo de cultivo en el campo, asimismo, la Figura 3 muestra la precipitación (mm) y humedad relativa.

CUADRO 3. Condiciones ambientales de temperatura (°C) en promedio, humedad relativa y precipitación por semana de marzo 4 a junio 30, ciclo primavera-verano 1985. Marín, N.L.

Semana	No.	Temperatura		H.R. (%)	Precipitación (mm)	
		Máx.	Mín.		Semanal	Acumulada
Mar 4 - Mar 10	1	25.5	15.6	72.1	3.3	3.3
Mar 11-Mar 17	2	24.8	16.0	76.2	14.3	17.6
Mar 18-Mar 24	3	27.5	13.3	64.5	0.0	17.6
Mar 25- Mar 31	4	30.5	19.0	58.6	0.0	17.6
Abr 1 - Abr 7	5	31.1	16.3	61.7	64.7	82.3
Abr 8 - Abr 14	6	23.1	15.7	83.8	54.7	137.0
Abr 15- Abr 21	7	29.1	17.6	76.7	0.6	137.6
Abr 22- Abr 28	8	32.1	21.4	75.0	2.0	139.6
Abr 29- May 5	9	29.8	21.2	73.6	0.0	139.6
May 6 - May 12	10	31.8	22.5	69.7	0.0	139.6
May 13- May 19	11	30.6	22.1	86.5	22.8	162.4
May 20-May 26	12	33.0	24.6	76.0	0.0	162.4
May 27-Jun 2	13	37.9	22.9	63.8	0.0	162.4
Jun 3 - Jun 9	14	35.7	23.5	70.7	0.0	162.4
Jun 10 -Jun 16	15	36.0	22.9	69.2	2.4	164.8
Jun 17- Jun 23	16	32.7	23.2	73.0	13.3	178.1
Jun 24-Jun 30	17	32.1	22.1	71.5	14.5	192.6

FUENTE: Estación Meteorológica FAUANL.

H.R. = Humedad Relativa

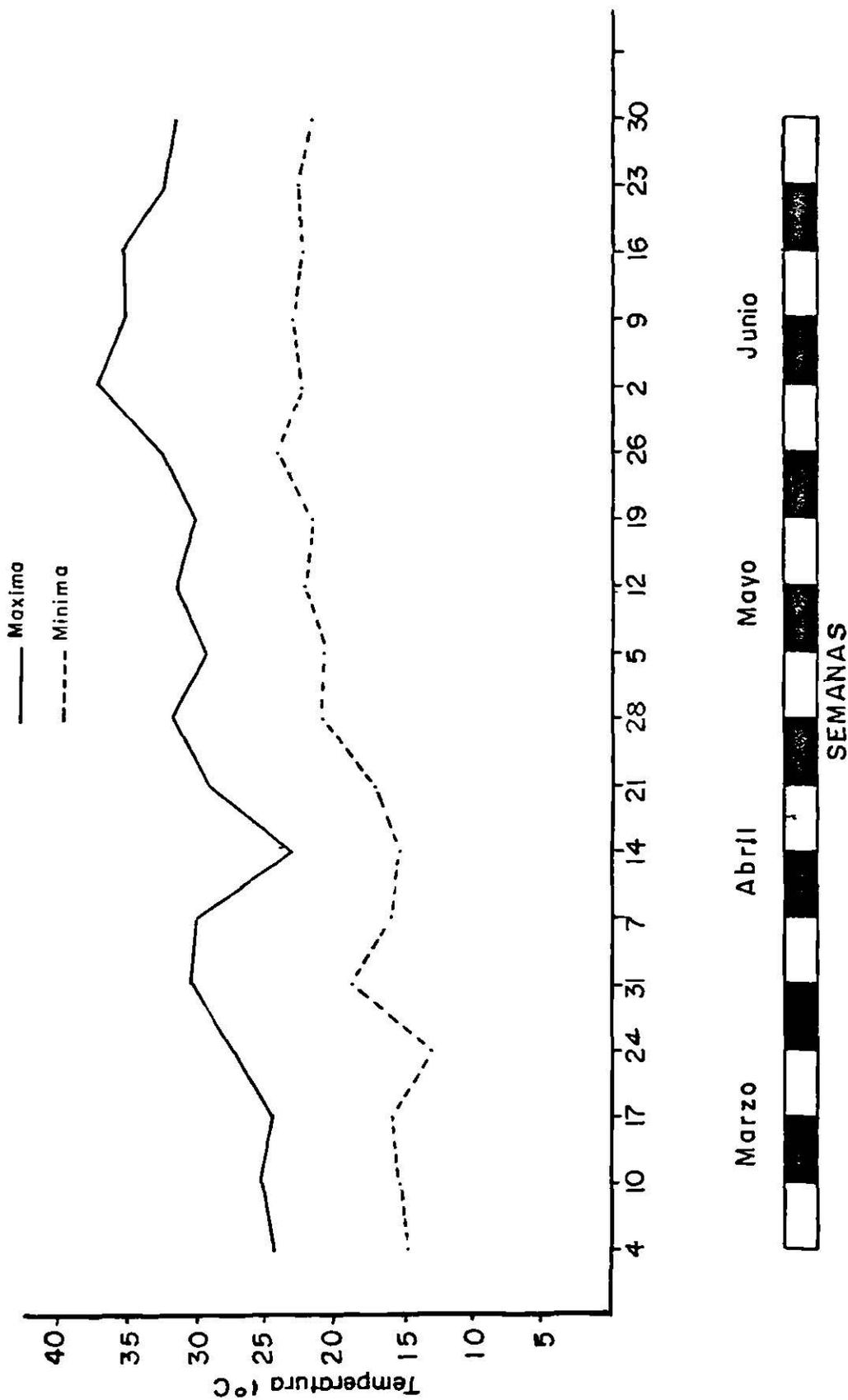


FIGURA 4. Temperaturas máximas y mínimas en promedio durante el desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) de marzo a junio de 1985 en Marín, N.L.

FUENTE: Estación Meteorológica de la FAUANL.

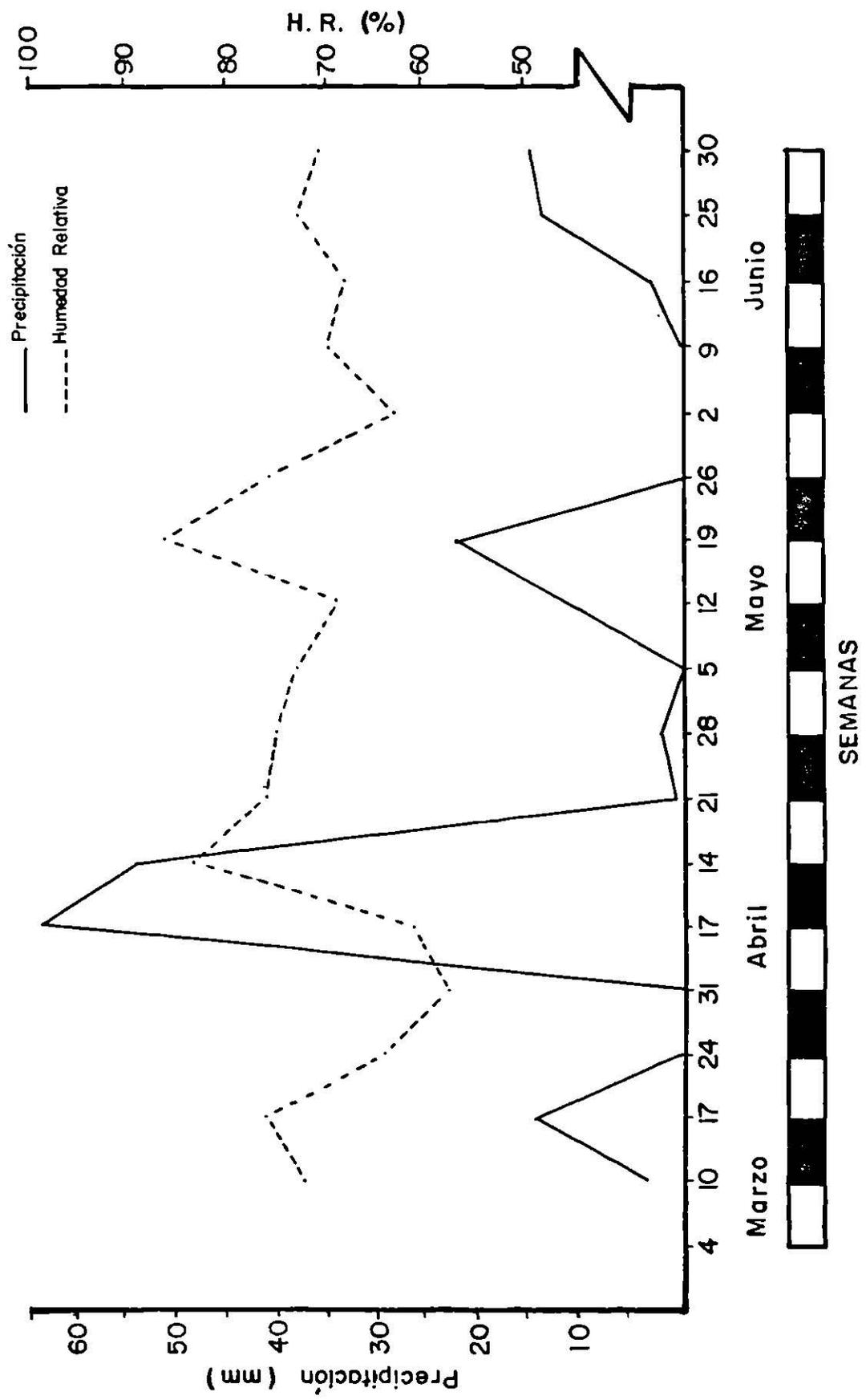


FIGURA 5. Precipitación por semana y humedad relativa en norciento durante el desarrollo del sorno (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en el ciclo Primavera-Verano 1985 en Marín, N.L.

FUENTE: Estación Meteorológica de la FAUANL

3.2. Materiales

3.2.1. Material no genético

Para el desarrollo del experimento se utilizaron los siguientes materiales e implementos agrícolas: Tractor, arado de discos, rastra de discos, talache, azadón, mochila aspersora, insecticida, cinta métrica, pala, ixtle, cal, microscopio estereoscopio, microscopio compuesto, navaja de afeitar, aguja de disección, bolsas de papel, etiquetas, etc., los cuales fueron proporcionados por la FAUANL.

3.2.2. Material genético

Se evaluaron un total de 25 líneas de sorgo para grano, las cuales fueron proporcionadas para su evaluación del Banco de Germoplasma del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las zonas Bajas del estado de Nuevo León, en coordinación con el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la UANL (PMMFyS-CIA-FAUANL), de las cuales, 20 líneas fueron producidas en la Facultad, dos híbridos comerciales producidos por INIA (1978), PRONASE y tres líneas glossy procedentes del ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Hyderabad, India).

Antes del inicio del presente experimento, se recibió un entrenamiento previo para la identificación de las enfermedades en el sorgo; debido a la relativa complejidad para lograr una mejor identificación de las enfermedades, hubo necesidad de compenetrarse con los síntomas o daños que cada una de ellas presenta en los distintos estados fenológicos de la planta, así como la reacción que ésta puede presentar a cada enfermedad, para complementar este entrenamiento se llevaron a cabo inspecciones en

parcelas experimentales que se encontraban en el Campo de la FAUANL en Marín, N.L., así como también en lotes comerciales del municipio de General Terán, N.L. contando con el asesoramiento requerido en el momento oportuno.

CUADRO 4. Material experimental evaluado para el estudio del virus del mosaico enano del maíz. (MDMV). ciclo Primavera-Verano 1985.

Lista de Material Experimental

Tratamientos

1. LES-5B	10. LES-49R	19. LES-110R
2. LES-15B	11. LES-50R	20. LES-112R
3. LES-101B	12. LES-59R	21. LI-4
4. LES-10R	13. LES-68R	22. LI-6
5. LES-11R	14. LES-73R	23. LI-59
6. LES-18R	15. LES-78R	24. RB-3006
7. LES-34R	16. LES-80R	25. Asgrow #2 Forraje
8. LES-38R	17. LES-88R	ro
9. LES-48R	18. LES-92R	

Las lecturas para evaluar el daño producido por virus del mosaico enano del maíz (MDMV) se tomaron de 35 a 40 días después de la emergencia y se indicaron en por ciento para su análisis estadístico, además se hizo una segunda lectura cuando las plantas se encontraban en estado de grano lechoso.

Para determinar el porcentaje de daño, se dividen plantas enfermas (PE) entre el total de plantas (PT) y se multiplican por 100 y esto nos da el porcentaje de plantas enfermas.

La escala que se usó para determinar el grado de infección para MDMV será el criterio de evaluación tomado de Plant Disease (March 1, 1977-February 28, 1978).

- 0 No es posible la Evaluación
- 1 No aparecen síntomas de la enfermedad
- 2 Hojas con moteado únicamente
- 3 Moteado y clorosis significativa
- 3.5 Moteado con necrosis foliar ligera
- 4 Moteado con necrosis foliar significativa (presenta la hoja roja en la mayoría de los genotipos).
- 4.5 Igual que la anterior, pero con achaparramiento
- 5 Igual que la anterior, pero acompañada con achaparramiento severo o muerte.

3.3. Diseño Experimental

Todas las líneas se distribuyeron en el campo bajo un diseño bloques al azar, con tres repeticiones y 25 tratamientos (Figura 4).

El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = M - T_i - B_j - E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, 25 \\ j = 1, \dots, 3 \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor de la variable estudiada que se observó en la U.E. que recibió el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

M = es el efecto de la media general

T_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento o línea

B_j = es el efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = es el error aleatorio asociado con la U.E. que recibió el i -ésimo bloque

El número total de parcelas experimentales fue 75, el área total fue de 640 m^2 , cada parcela estuvo constituida de dos surcos, siendo la parcela útil, los dos surcos respetando medio metro al principio y final de cada surco, la parcela fue de 5 mt de largo, la distribución entre surcos fue de .8 mt.

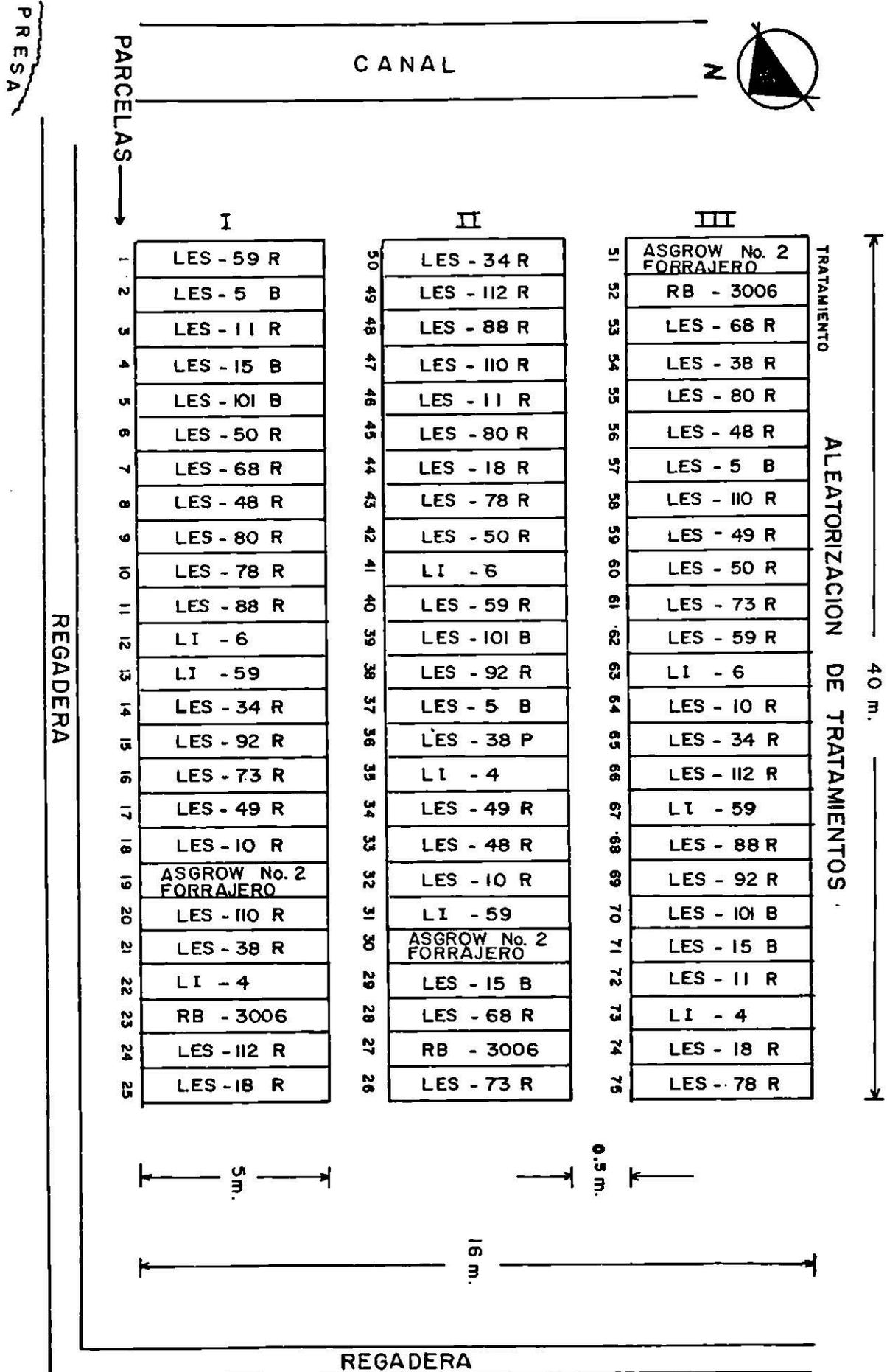


FIGURA 6. Representación esquemática del croquis experimental, con su respectiva distribución de tratamientos y dimensiones de las parcelas del experimento. Ciclo Primavera-Verano, 1985 en Marín, N.L.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Desarrollo del Experimento

Una buena preparación del suelo es de gran importancia para el desarrollo y buena producción de las plantas cultivadas, una adecuada labranza debe responder a las características de los suelos y desde luego, al tipo de cultivos a implantar. Con la finalidad de tener un suelo mullido y homogéneo al momento de la siembra y para eliminar malezas, se realizó una aradura de 25 a 35 cm y un paso de rastra, antes de la siembra.

Se realizó un riego de presiembra, por inundación, utilizando el método de amelgas, llevándose a cabo el día 25 de febrero de 1985, después de siete días de regado, se llevó a cabo la siembra utilizándose un implemento de tracción animal y siendo en forma manual y depositando en el fondo del surco 5 g de semilla/surco de cada tratamiento, la siembra se realizó el día 4 de marzo de 1985.

El día 5 de abril, se tomó la prueba de emergencia y se dió un paso de cultivadora con tractor el día 22 de abril, las prácticas de desahije se llevaron a cabo para obtener una mayor aereación entre plantas, efectuándose los días 16 y 17 de abril de 1985.

Con la finalidad de darle un mayor soporte a la planta y evitar el acame por vientos fuertes, así como brindarle a la planta una mejor área para el crecimiento de raíces se procedió a realizarlo el día 27 de abril, (aporque) se llevó a cabo un riego de auxilio el día 7 de mayo, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo en periodos críticos de humedad y que no repercuta con la producción y completo llenado de grano, llevándose éste

cuando las plantas estaban en estado de embuche, hoja bandera y unas pocas plantas en floración.

Uno de los principales problemas del sorgo, lo constituyen las plagas las cuales causan daño desde que el cultivo empieza a desarrollar hasta que se cosecha, las plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo y que necesitaron de control químico fueron: pulgón de la hoja del maíz (Rhopalosiphum maidis (Fitch), gusano cogollero (Snodoptera frugiperda J.E. smith), los cuales fueron controlados con Sevín 80% P.H. a razón de 1.2 kg/ha y conforme al comportamiento de cada línea, debido a la diferencia en cuanto a la variación de los días a floración se controló la mosquita del sorgo (Contarinia sorghicola (Coruillet) con Dipterox 30 g/1.5 lt de agua, la aplicación se llevó a cabo con mochila aspersora, esta plaga por lo general se puede encontrar en casi todas las áreas sorgheras de México.

VARIABLES ESTUDIADAS

1. Plantas enfermas en primera lectura (%)
2. Plantas enfermas en segunda lectura (%)
3. Total de plantas por parcela útil
4. Rendimiento ajustado por parcela útil
5. Porcentaje de daño por mosca midge y pájaro

Para la toma de lecturas, se inspeccionaron todos los materiales del experimento, tomándose la primera el día 21 de abril de 1985, observándose leves síntomas de MDIV. En cuanto a la ocurrencia de otras enfermedades, se observó muy poca incidencia de mildiú del sorgo (Peronosclerospora sorghi (Weston & Upnal C.G. Shaw) en las siguientes líneas: LES-5B

LES-18R, LES-49R, LES-59R, LES-78R, LES-80P, LES-88R, LES-92R y LES-11R.

Los síntomas de esta enfermedad en sus primeras fases de desarrollo son muy similares a los producidos por el MDMV y puede crear confusión, durante el desarrollo fenológico de la planta se van diferenciando los síntomas claramente en ambas enfermedades. También se detectaron síntomas de mancha zonada de la hoja (Cloëocercospora sorghi Bain y Edg) en las líneas LES-73R y LES-15B.

Se llevó a cabo la toma de datos de floración de las líneas del experimento reportándose como más precoces las líneas LES-101B, LES-50R, LES-73R, LI-6, RB-3006 y Asgrow #2 forrajero, se observó efecto de acame como consecuencia de vientos fuertes que se presentaron acompañados de lluvias en las líneas LI-59, LES-92R, LI-6 y LES-112P.

La segunda lectura se efectuó el día 1 de junio de 1985, reportándose alta incidencia de virus del mosaico enano del maíz (MDMV). Con respecto a otras enfermedades, el mildiú del sorno (P. sorghi) se mantuvo sólo en el Asgrow #2 forrajero y LES-30P, en cuanto a las observaciones de mancha zonada (C. sorghi), sólo se encontró en la línea LES-15B. También se observó un carbón de la panoja (Sphacelotheca reiliana (Khun) Clinton) en la línea LES-80R.

En cuanto a la cosecha, se realizó el día 30 de junio de 1985, de cada línea por separado, se procedió a trillar las panojas y los días 19 y 20 de julio del mismo año, se pesaron sus respectivos rendimientos, tomándose una muestra de 150 g de cada línea para determinar el porcentaje de humedad.

CUADRO 5. Algunas enfermedades reportadas en México

S O R G O		M A I Z	
Nombre común	Patógeno	Nombre común	Patógeno
Mildiú vellos*	<u>Peronosclerospora sorghi</u>	Mildiú vellos*	<u>Peronosclerospora sorghi</u>
Carbón de la espiga	<u>Sphacelotheca reiliana</u>	Roya común	<u>Puccinia sorghi</u>
Tizón de la panoja	<u>Fusarium moniliforme</u>	Roya	<u>Puccinia polysora</u>
Roya	<u>Puccinia purpurea</u>	Mancha zonada	<u>Gloeocercospora sorghi</u>
Tizón de la hoja*	<u>Helminthosporium turcicum</u>	Tizón de la hoja*	<u>Helminthosporium maydis</u>
Mancha zonada	<u>Gloeocercospora sorghi</u>	Antracnosis foliar	<u>Colletotrichum graminicola</u>
Mancha rugosa	<u>Ascochita sorghina</u>	Pudrición del tallo*	<u>Pythium spp.</u>
Antracnosis*	<u>Colletotrichum graminicola</u>	Carbón de la espiga*	<u>Sphacelotheca reiliana</u>
Carbón de la panoja*	<u>Sphacelotheca cruenta</u>	Pudrición del tallo y de la mazorca*	<u>Diplodia maydis</u>
Rayado bacteriano	<u>Pseudomonas andropogoni</u>	Pudrición del tallo y de la mazorca*	<u>Gibberella zea y G. fujikuroi</u>
Mancha del sol	<u>Pseudomonas sp.</u>	Pudrición gris de la mazorca	<u>Physalospora zeae</u>
Mosaico	Virus	Cuitlacoche	<u>Ustilago zeae</u>
Enanismo dorado*	Micoplasma	Mosaico del enanismo	Virus
Clorosis	Falta de Fe en el suelo	Mosaico del maíz	Virus
		Rayado fino*	Virus
		Rayado del maíz*	Virus
		Achaparramiento*	Micoplasma y Spiroplasma

(*) De mayor importancia

FUENTE: Rodríguez V., J., 1984. Conferencia "El futuro del sorgo en México". Memorias Primera Reunión Nacional sobre Sorgo. FAUANL, 22-26 Oct. Marín, N.L.

Una vez obtenido este rendimiento, se procedió a efectuar una corrección mediante el determinador de humedad para ajustarlo al 12% de humedad.

La fórmula de ajuste utilizada fue:

$$\text{Rdto. 12\%} = \frac{\text{Rendimiento X}}{\text{x parcela útil}} \cdot \frac{100 - \% H^{\circ}}{88}$$

H° = Humedad

88 = Constante para sorgo, lo que falta para completar el 100% y poder ajustar al 12%.

4.2. Resultados Estadísticos

Como un complemento a este experimento (Cuadro 1a del Apéndice), se muestra el resumen de los principales parámetros estadísticos bajo estudio de las variables: Porcentaje de plantas enfermas en primera lectura, porcentaje de plantas enfermas en segunda lectura, porcentaje de plantas dañadas por mosca midge y pájaro, plantas cosechadas por parcela útil, total de plantas por parcela útil, rendimiento ajustado al 12% H y rendimiento individual por genotipo.

4.2.1. Rendimiento de grano (kg) en base al número de panojas cosechadas del total de plantas por parcela útil

En el Cuadro 2a del Apéndice, se muestra el rendimiento en kg/parcela útil para las diferentes líneas evaluadas en el experimento bajo condiciones de campo. En base a esta información, se procedió a realizar análisis de varianza (Cuadro 3a del Apéndice), donde se puede observar que se rechazó la hipótesis nula de igualdad de efectos de tratamientos a un ni-

vel de confianza de 0.05%, concluyéndose que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás. Se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey (Cuadro 6a del Apéndice), observándose que el tratamiento LES-110R presentó el mayor rendimiento (3.10 kg), siendo estadísticamente igual a todos los demás tratamientos teóricamente con un rendimiento promedio en kg las líneas LES-38R (2.99), LI-4 (2.91), Asgrow #2 forrajero (2.66), LES-49R (2.62), LES-34R (2.56), LES-80R (2.53,) RB-3006 (2.53), LES-11R (2.52), LES-5B (2.49), LES-92R (2.47), LES-78R (2.45), LES-112R (2.39), LES-10R (2.32), LES-49R (2.03), LES-68R (1.98), LES-15B (1.84), LI-59 (1.81), LES-18R (1.80), LES-50R (1.78), LES-80R (1.61) y LES-59R (1.51), los cuales no superaron el valor Tukery, pero fueron diferentes con respecto a los tratamientos LI-6, LES-73R y LES-101B, con sus respectivos promedios en kg de 0.74; 0.71 y 0.66; la línea LES-38R (2.99) resultó igual a todos los tratamientos excepto a los tratamientos LI-6, LES-73R y LES-101B, los cuales mostraron diferencia significativa.

En cuanto al rendimiento promedio, el tratamiento LES-34R (2.56 kg) resultó estadísticamente igual teóricamente a los tratamientos LI-6 y LES-73R y diferente al tratamiento LES-101B, el tratamiento LES-80R resultó estadísticamente igual al tratamiento LES-101B. Concluyendo que los tratamientos LES-73R y LES-101B presentaron menor rendimiento promedio con respecto al número de plantas cosechadas, mostrando diferencia significativa a un nivel de confianza de 0.05% comparado con las líneas LES-110R, LES-34R y LES-80R antes mencionadas.

4.2.2. Porcentaje de plantas enfermas en primer lectura en base al número de plantas enfermas del total de plantas por parcela útil.

Tomando como base el porcentaje de plantas enfermas en primera lectura (40 días de la emergencia) se procedió a realizar el análisis de varianza para dicha variable comparando su resultado con el transformado por seno-arco (Cuadro 3a del Apéndice) encontrándose que estadísticamente la hipótesis nula de igualdad de efectos de tratamientos se rechazó a un nivel de confianza de 0.05%, concluyéndose que al menos una línea es altamente susceptible. Se efectuaron las comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey (Cuadro 5a del Apéndice), reportándose que la línea LES-18R resultó ser la más susceptible al virus del mosaico enano del maíz, con un promedio de infección de 49.20%, siendo estadísticamente igual a los tratamientos LES-15B (33.01%), LES-34R (32.74%), LES-10R (32.26%), LES-59R (31.43%), LES-112R (30.87%), LES-73R (30.07%), LES-48R (28.53%), LES-38R (28.14%) y LES-78R (27.69%), pero mostró diferencia con respecto a los demás tratamientos del experimento, siendo éstos: LES-68R (26.60%), LI-59 (27.22%), LES-110R (25.81%), LES-80R (25.80%), LES-5B (25.29%), LES-101B (24.58%), LES-88R (24.53%), LES-92R (24.45%), LES-49R (24.28%), LI-6 (23.42%), RB-3006 (21.96%), LES-11R (20.74%), LES-50R (19.60%), LI-4 (18.33%) y Asgrow #2 forrajero (14.44%) (Figura 7), el tratamiento 2, seleccionado para la línea LES-15B, resultó estadísticamente igual teóricamente con respecto a los demás tratamientos, en cuanto a susceptibilidad a MDMV, concluyéndose por su comportamiento a la infección causada por MDMV, que las líneas LES-18R, LES-15B y LES-34R fueron consideradas altamente susceptibles y reportando como resistentes a MDMV a las líneas LES-50R, LI-4 y Asgrow #2 forrajero. Cabe señalar que el híbrido Asgrow forrajero no presentó daño de consideración en esta zona,

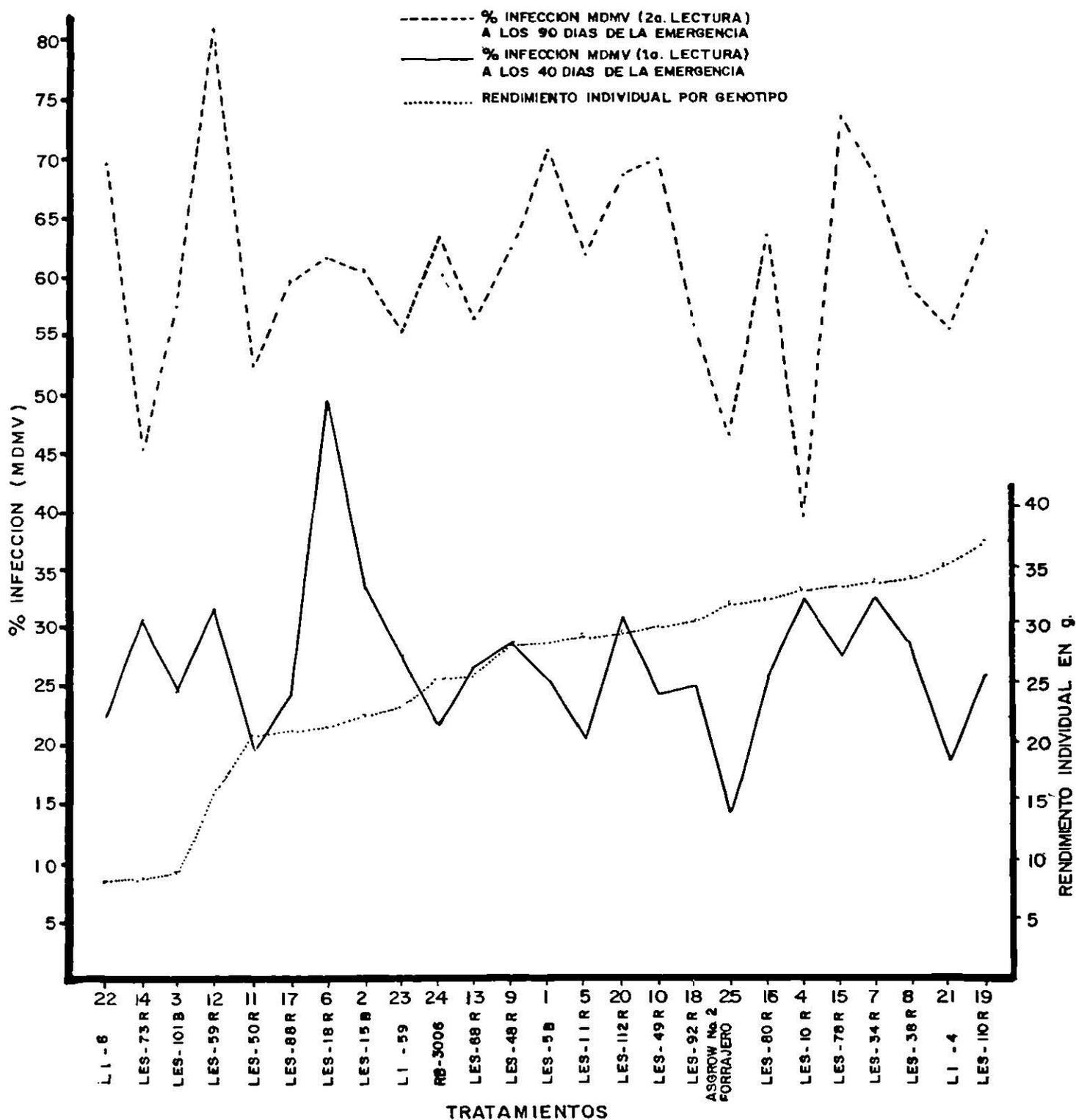


FIGURA 7. Incidencia de MDMV en promedio expresado en porcentaje de infección durante la primera y segunda lectura, así como su efecto en el rendimiento individual por genotipo en 25 líneas experimentales durante el ciclo Primavera-Verano 1985. Marín, N.L.

comportándose como la más resistente al virus del mosaico enano del maíz, con un promedio de 14.44%.

5. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y las apreciaciones hechas en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. En el análisis de varianza se observa que la línea LES-110R tuvo el mayor rendimiento de grano en promedio (3.10 kg) encontrándose a las líneas LES-73R y LES-101B con el menor rendimiento promedio, con 0.71 y 0.68 kg respectivamente.
2. El bajo rendimiento de las líneas LES-83R y LES-110B podría ser debido al alto ataque causado por mosca midge y pájaro y no al bajo rendimiento del genotipo.
3. En general, los sorgos que se ven más afectados por pájaros son los sorgos blancos, ya que los sorgos café oscuro y rojo tienen en los tegumentos del grano taninos o sustancias astringentes que le dan un sabor desagradable, comparado con los blancos que no los contienen.
4. No hubo diferencias estadísticas significativas entre las variables porcentaje de plantas dañadas por mosca midge y pájaro, y porcentaje de plantas enfermas por MDMV en segunda lectura.
5. En base a los promedios de infección obtenidos en primera lectura, observando la susceptibilidad o resistencia a la infección de MDMV comparándolos con los promedios obtenidos en segunda lectura, podemos concluir que las líneas que presentaron susceptibilidad a MDMV fueron LES-59R, LES-78R y LES-5B con un promedio alto de infección de 80.59; 73.68 y 70.28 respectivamente.

6. Las líneas que presentaron menor porcentaje de infección consideradas como resistentes fueron: Asgrow #2 forrajero, LES-73R y LES-10R con un promedio de infección de 46.23; 45.44 y 39.51% respectivamente.
7. No se utilizó la prueba de Friedman usada para criterios de evaluación bajo escala (estadística no paramétrica, para rangos de evaluación), debido a que los genotipos presentaron síntomas en un solo nivel de evaluación y no se pudo optar por conteo de plantas enfermas correspondientes a cada nivel con la escala de evaluación.
8. Al efectuar el análisis de covarianza sobre el efecto de la covariable con respecto al rendimiento, podemos concluir que el MDMV si afecta el rendimiento promedio por genotipo.
9. Entre las plagas presentes en el sorgo, la de mayor importancia fue la mosca midge (Contarinia sorghicola) presentando severos daños las líneas LES-101B (80%), LES-73R (70%) y con un mínimo de daño la línea LES-110R (15%).
10. Las líneas que presentaron efecto de acame fueron de mayor a menor: LI-59, LES-73R, LI-6, LES-92R y LES-112R respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda que las líneas que fueron consideradas como resistentes o susceptibles al MDMV se si gan evaluando durante varios ciclos, asimismo se envíe a otras localidi dades para observar su posible respuesta al MDMV.
2. Se sugiere se sigan haciendo trabajos similares a este nivel de campo e invernadero en forma exclusiva del MDMV por varios ciclos, y así, estudiar los resultados más eficazmente bajo las dos condiciones.
3. Destrucción de gramíneas hospederas, principalmente el zacate Johnson (Sorghum halepense).
4. Para una mayor eficiencia en el estudio de MDMV, se recomienda la téc nica de inoculación artificial a nivel de invernadero, como una posible fuente de virus.
5. A nivel de laboratorio para identificar el virus se puede utilizar la técnica de Serología y Microscopía Electrónica.
6. Se recomienda el control de plagas, especialmente pulgones, los cuales actúan como vectores del MDMV, sugiriéndose el control químico y biológico para su prevención.
7. Se recomienda llevar un entrenamiento previo sobre identificación y cuantificación del MDMV.

RESUMEN

El presente experimento fue llevado a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), durante el ciclo temprano (Primavera-Verano, 1985) con fecha de inicio (siembra) el 4 de marzo de 1985 y concluyendo dicho trabajo de campo con la cosecha que se realizó el día 30 de junio del mismo año.

Se evaluaron un total de 25 materiales, en los que destacaban 20 líneas experimentales producidas por la Facultad, dos híbridos comerciales y tres líneas glossy procedentes del ICRISAT, bajo un diseño bloques al azar, siendo 25 tratamientos y tres repeticiones, la evaluación fue con respecto a la resistencia o susceptibilidad a enfermedades, en particular al virus del mosaico enano del maíz (MDMV), bajo las condiciones ambientales promedio durante todo el ciclo que fueron: humedad relativa 71.9%, temperatura máxima 30.7°C, temperatura mínima 19°C, precipitación total de 192.6 mm.

Se tomaron dos lecturas, la primera se hizo a los 40 días de la germinación promedio de las plantitas, observándose poca incidencia de MDMV. La línea LES-18R resultó ser la más susceptible al virus, con un promedio de infección de (49.20%), siguiendo en susceptibilidad las líneas LES-15B (33.01%) y LES-34R (32.74%) observándose que las líneas que se comportaron como resistentes a MDMV fueron LES-50R (19.60%), LI-4 (18.33%) y Asgrow #2 forrajero (14.44%).

Con respecto a la identificación de otras enfermedades, se detectaron síntomas de mildiú del sorgo (Peronosclerospora sorghi (Weston & Uppal) C.G. Shaw) en las líneas LES-40R, LES-59R, LES-78R, LES-5B, LES-18R, LES-11R,

LES-110R y LES-80R. Cabe hacer mención que los síntomas del mildiú en sus primeras fases de desarrollo son muy similares a las producidas por virus del mosaico enano del maíz y se puede confundir. Se observaron además, síntomas de mancha zonada de la hoja (Cleocercospora sorghi Bain y Edg.) en las líneas LES-73R y LES-15B.

La segunda lectura se realizó a los 90 días después de la emergencia, reportándose una alta incidencia de virus del mosaico enano del maíz. Para confirmar lo anterior en base a los promedios de infección obtenidos en primera lectura, se procedió a observar los promedios encontrados por genotipo en la segunda lectura, concluyéndose que la línea LES-59R resultó ser la más atacada al MDMV con un promedio de infección de 80.59%, así como las líneas LES-78R (73.68%) y LES-5B (70.28%). Los genotipos que se comportaron como resistentes a MDMV fueron LES-73R (45.44%), Asgrow #2 forrajero (46.24%) y LES-10R (39.51%) siendo esta última la menos atacada. La variedad Asgrow #2 forrajero como en la primera lectura continuó teniendo una baja incidencia de MDMV.

En cuanto a la ocurrencia de otras enfermedades presentes en el experimento, se encontró que el mildiú del sorgo (P. sorghi) permaneció constante en el Asgrow #2 forrajero (1.09%) y LES-38R (0.94%), se puede afirmar que la baja incidencia de esta enfermedad se debe a que el inóculo no se encuentra presente en el suelo y que en Marín, N.L. no existen condiciones ambientales que favorezcan el ataque del hongo. En cuanto a las observaciones de mancha zonada de la hoja (C. sorghi), sólo se encontró en la línea LES-15B, también se observó una planta con carbón de la panoja (Spaceiotheca reiliana (Khum) Clinton) en la línea LES-30R.

Las plagas más comunes que se presentaron en el experimento fueron: mosca midge (Contarinia sorghicola), que es la que causa el principal daño al cultivo, mostró severos daños en las líneas LES-101B, LES-88R, LI-6, LES-73R y RB-3006, así como pulgones, gusano cogollero, gusanos trozadores, grillos, chapulines, pájaros, etc.

Se llevó a cabo la técnica de inoculación mecánica a nivel de invernadero el día 19 de diciembre de 1986, con material enfermo de zacate johnson y hojas tiernas de sorgo infectado (Sorghum bicolor (L.) Moench), siguiendo el procedimiento similar al efectuado por Nobman de Orozco (35). Concluyendo que los síntomas de virus del mosaico enano del maíz aparecieron a los 30 días después de la inoculación en cuando menos una planta (inoculada con suspensión de virus de sorgo infectado).

Además de las lecturas sobre incidencia de virus del mosaico enano del maíz (MDMV), se determinaron: número de plantas, daño por mosca midge y pájaro y rendimiento.

7. LITERATURA CITADA

1. Amador, J. et al. 1965. Sorghum Diseases. Texas A&M University. Texas Agricultural Extension Service B-1085. pp 6-10.
2. Alexander, J.D., Toler, R.W. and Giorda, L.M. 1984. Correlation of yield reductions with severities of disease symptoms in grain sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) infected with sugarcane mosaic or maize dwarf mosaic viruses. *Phytopathology*. 74:795 (abstract).
3. Ayers, J.B., Boyle, J.S. and Gordon, D.T. 1978. The occurrence of maize dwarf mosaic viruses in Pennsylvania in 1977. *Plant. Dis.* 62:820-821.
4. Bovey, R. et al. 1971. La defensa de las plantas cultivadas. Tratado de Fitopatología y Zoología Agrícola. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 51-54.
5. Dale, J.L. 1966. Infection of St. Augustine grass with virus causing maize dwarf mosaic virus. *Plant. Dis. Repr.* 50:441-442.
6. Development of Improved High Yielding Sorghum Cultivars with Disease and Insect Resistance. The annual progress reporter, february 15-1976 Feb. 28-1977. Contract Ta-c-1092. Agency for International Development Department of State, Washington, D.C. Texas A&M University. pp. 18-19.
7. Dollinger, E.J. et al. 1970. Resistance of inheritance to maize dwarf mosaic virus in maize (Zea mays L.) *Crop Science*. 10:412-415.

8. Edmunds, L.K., and Zummo, N. 1975. Sorghum Diseases and Their Control. Agriculture Handbook No. 468. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture in cooperation with Kansas and Mississippi Agricultural Experimental Stations. 46 pp.
9. Edmunds, L.K., Futrell, M.C. and Frederiksen, R.A. 1975. Enfermedades del sorgo. In: Producción y Usos del Sorgo. Wall, J.S. and Rosseds, W.M. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 113-131.
10. Fernández Vallela, M.V. 1978. Introducción a la Fitopatología. Tomo VII. Volúmen III. Buenos Aires, Argentina. p. 64.
11. Ford, R.E. 1967. Maize dwarf mosaic virus susceptibility of Iowa native perennial grasse. *Phytopathology*. 57:450-451
12. Ford, R.E. 1974. Physical and serological properties of maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology* 64:312-317.
13. Frederiksen, R.A. 1986. Compendium of Sorghum Diseases. Published by the American Phytopathological Society in Cooperation with Department of Plant Pathology and Microbiology. Texas A&M University. pp. 43-47.
14. Frederiksen, R.A. and Rosenow, D.T. 1972. Disease Resistance in Sorghum. 26th Hybrid corn Industry Research Conference. Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Lubbock, Texas. pp. 71-82.
15. Gates, D.W. and Gudauskas, R.I. 1969. Photosynthesis, respiration and evidence of metabolic inhibitor in corn infected with maize dwarf mosaic virus. *Phytopahtology*. 59:575-580.

16. Gillaspie, A.G., Jr. 1967. Maize dwarf mosaic virus recovered from commercial varieties of sugarcane. *Plant Dis. Reprt.* 51:761-763.
17. Godoy, A.S. 1976. Revisión sobre la herencia de la resistencia a enfermedades. Problema especial, verano 1976. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 35 pp.
18. González, L.C. 1976. Introducción a la Fitopatología. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José Costa Rica. pp. 53-54.
19. Gordon, D.T. 1976. Maize Virus Diseases in the United States. Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop August 16-17, 1976. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio 44691 U.S.A. pp. 45-48.
20. Gordon, D.T. and Williams, L.E. 1970. The relationship of maize virus isolate from Ohio to sugarcane mosaic virus strain and the B strain of maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 60:1293 (abstract).
21. Hill, J.H., Zeye, R.J. and Richard, H. 1977. The occurrence of maize dwarf mosaic virus in Minnesota. *Plant Dis. Reprt.* 61:968-969.
22. Jauch, C. 1976. *Patología Vegetal*. Editorial El Ateneo, Buenos Aires. pp. 32-48.
23. Jones, R.K. and Tolin, S.A. 1972. Factors affecting purification of maize dwarf mosaic virus from corn. *Phytopathology* 62:812-816.
24. Krass, C.J. and Ford, R.E. 1969. Ultrastructure of corn systemically infected with maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 59:431-439.

25. Langenberg, W.G. 1973. Serology, Physical properties and purification of unaggregated infectious maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology*. 63:149-154.
26. Lansing, E.W. and Alexander. L.J. 1965. Maize dwarf mosaic a new corn disease. *Phytopathology*. 55:802-804.
27. León Gallegos, H.M. 1982. Enfermedades de Cultivos en el estado de Sinaloa, SARH. Culiacán, Sinaloa México. pp. 26-38.
28. Madden, L.V., Knoke, J.K. and Louie, R. 1984. Experimental design for determination of yield losses due to maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 74:809 (abstract).
29. Manual para la identificación de las enfermedades del sorgo y mijo. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Hyderabad, India. Boletín de Información No. 2. 88 pp.
30. Martínez-López, G. 1976. Maize dwarf mosaic virus a possible new strain Ver. Ref. 19. pp. 21, 22.
31. Martín, T.J. and Hckerott, H.L. 1982. Greenhouse seedling technique to determine the reaction of sorghum to maize dwarf mosaic virus strain. *A. Crop Science*. 22:55-56.
32. Messieha, M. 1967. Aphid transmission of maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 57:956-959.
33. Narro-Sánchez, J. 1984. Programa de Fitopatología del Sorgo CAEB-CIAB-INIA-SARH. Memorias. Primera Reunión Nacional sobre Sorgo. 22-26 Oct 1984. Facultad de Agronomía, Marín, N.L. pp. 351-403.

34. Narro S., J. y Delgadillo, F. 1985. Identificación de variantes del virus del mosaico y enanismo del maíz (MDMV) en el cultivo del sorgo en el Bajío en Guanajuato, INIA-CIAB-CAEB. Cong. Nal. Soc. Mex. Fitopat. p. 129. Resumen.
35. Nobman de Orozco, B. 1973. Estudios sobre el virus del mosaico enano del maíz en el Valle de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. 69 pp.
36. Paulsen, A.W. and Sil], W.H. Jr. 1970. Absence of cross protection between maize dwarf mosaic virus strain A and B in grain sorghum. Plant Dis. Repr. 54:627-629.
37. Roane, C.W. and Troutman, J.L. 1965. The ocurrence and transmission of maize dwarf mosaic in Virginia. Plant Dis. Repr. 49:665-667.
38. Rush, M.C. et al. 1972. Maize dwarf mosaic virus in Lousiana. Plant Dis Repr. 56:622-625.
39. Scoot, G.E. and Rosenkraz, E. 1982. A new method to determine the number of genes for resistance to maizw dwarf mosaic in maize. Crops Science. 22:756-761.
40. Seifers, D.L. 1984. Optimum Conditions for studies of maize swarf mosaic virus strain A y B in Sorghum. Plant Disease 68:1067-1069.
41. Sehegal, O.P. 1966. Host range, properties and partial purification of a Missouri insolate of maize swarf mosaic virus. Plant Dis Repr. 50:862-866.

42. Sehegal, O.P. and Jong-ho, J. 1970. Purification fo maizw dwarf mosaic virus by equilibrium centrifugation in Cesium chloride. *Phytopathology* 60:189-190.
43. Sehegal, O.P., Jong-ho, J. and Zuber, M.S. 1968. Sorghum hybrids as local lessions hosts for maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology*. 58:1708-1709.
44. Shepherd, J.R. 1966. Properties of mosaic virus of corn and johnson grass and its relation to the sugarcane virus. *Phytopathology* 55:1250-1256.
45. Shepherd, J.R. and Holdeman, Q.L. 1965. Seed transmission of the johnson grass strain of the sugarcane mosaic virus in corn. *Plant Dis. Repr.* 49:468-469.
46. Teakle, D.S., et al. 1970. Inheritance of the necrotic and mosaic reactions in sorghum infected with a "johnson grass. strain of sugarcane mosaic virus. *Aust. I. Agr. Res.* 21:549-556.
47. Thornberry, H.H. et al. 1966. Gamagrass, *Tripsacum dactyloides*: A new pernennial host of maize dwarf mosaic virus. *Plant Dis. Peptr.* 50:65-68.
48. Timian, R.G., Jons, V.L. and Lamey, H.A. 1978. Maize dwarf mosaic virus in North Dakota. *Plant Dis. Repr.* 62:674-675.
49. Toler, R.M. et al. 1967. Identification, transmission and distribution of maize dwarf mosaic in Texas. *Plant Dis. Rept.* 51:777-781.

50. Tomic, M. and Ford, R.E. 1972. Crasses differentiating sugarcane mosaic and maize dwarf mosaic viruses. *Phytopathology* 62:1466-1470.
51. Tomic, M. and Ford, R.E. 1974. Physical and Serological properties of maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*. 64:312-317.
52. Tu, J.C. and Ford, R.E. 1968. Effect of maize dwarf mosaic virus infection on respiration and photosynthesis of corn. *Phytopathology*. 58:282-284.
53. Tu, J.C. and Ford, R.E. 1969. Temperature on maize dwarf mosaic virus infection, incubation, and multiplication in corn. *Phytopathology*. 59:699-702.
54. Tu, J.C. and Ford, R.E. 1972. Ineffectivity changes of maize dwarf mosaic virus in vivo and in vitro. *Phytopathology*. 59:1947-1949.
55. Tu, J.C. and Ford, R.E. 1972. Factors affecting aphid transmission of maize dwarf mosaic virus to corn. *Phytopathology* 61:1516-1521.
56. Tu, J.C., Ford, R.E. and Krass, C.J. 1968. Comparisons of chloroplasts and photosynthetic rates of plants infected and not infected by maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 58:285-288.
57. Wagner, G.W. and Dale, J.L. 1966. A serological comparison of maize dwarf mosaic virus isolates. *Phytopathology* 56:1422-1423.
58. Wall, S.J. and Williams, M.R. 1975. Producción y usos del sorgo en México. Hemisferio Sur (Ed.). 399 pp.

59. Wiese, M.V., Lansing, E. and M.I. 1977. Maize dwarf mosaic. Compendium of wheat diseases, prepared for the American Phytopathological Society. Printed U.S.A. p. 86
60. Williams, L.E. et al. 1968. Seed transmission studies of maize dwarf mosaic virus in corn. Plant Dis. Reprt. 52:863-864.

8. A P E N D I C E

CUADRO 1a. Resumen de los principales parámetros estadísticos para las variables estudiadas en el presente experimento. Ocurrencia de enfermedades con énfasis en virus del mosaico enano del maíz (MDMV) en 25 líneas experimentales de sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench) Marín, N.L. 1985.

Variable	V. Mínimo	V. Máximo	Rango	Media G.	Desv. Std.	C.V. %
% Plantas enfermas (1a. lectura)	10.185	54.167	43.981	26.839	9.366	34.896
% Plantas enfermas (2a. lectura)	26.471	87.143	60.672	60.958	14.298	23.455
% Plantas dañadas por mosca midge y pájaro	0.000	63.107	63.107	14.943	9.812	65.662
Plantas cosechadas por parcela útil	38.000	141.000	103.000	78.373	18.213	23.238
Total de plantas por parcela útil	59.000	153.000	94.000	92.147	17.829	19.343
Rendimiento al 12%	0.183	3.810	3.627	2.121	0.821	38.708
Rendimiento individual por genotipo.	0.002	0.047	0.045	0.027	0.010	37.037

CUADRO 2a. Rendimiento (kg) por parcela útil para las diferentes líneas evaluadas en el experimento.

Tratamientos	Repeticiones		
	I	II	III
1. LES-5B	2.129	2.555	2.794
2. LES-15B	1.530	1.682	2.316
3. LES-101B	0.183	0.686	1.178
4. LES-10R	2.060	2.727	2.170
5. LES-11R	1.820	3.077	2.668
6. LES-18R	2.064	1.648	1.689
7. LES-34R	2.290	2.502	2.873
8. LES-38R	2.880	3.050	3.026
9. LES-48R	2.741	3.075	2.034
10. LES-49R	2.140	2.092	1.843
11. LES-50R	0.907	1.923	2.497
12. LES-59R	1.293	1.706	1.532
13. LES-68R	1.930	2.192	1.830
14. LES-73R	0.591	0.950	0.587
15. LES-78R	1.972	2.428	2.942
16. LES-80R	1.992	3.189	2.399
17. LES-88R	1.786	0.246	2.202
18. LES-92R	2.762	2.787	1.866
19. LES-110R	3.331	3.810	2.163
20. LES-112R	3.211	1.133	2.822
21. LI-4	2.952	3.077	2.695
22. LI-6	0.585	0.639	1.006
23. LI-59	1.775	1.816	1.843
24. RB-3006	3.201	3.578	0.821
25. Asgrow #2 forrajero	3.356	2.625	2.006

CUADRO 3a. Resumen de los análisis de varianza para las variables estudiadas, donde se presentan los grados de libertad y cuadrados medios para tratamientos y el error, así como la "F" calculada y el coeficiente de variación. Evaluación virus del mosaico enano del maíz (MDMV) en sorgo para grano (Sorghum bicolour (L.) Moench). Marín, N.L., 1985.

Variable G.L.	Tratamientos	Error	F. calc.	F. tab. (0.05)	Media G.	% C.V.
% Plantas enfermas (1a. lectura)	129.279	39.558	3.268** Tr 3.200**	1.73	26.84	23.433
% Plantas enfermas (2a. lectura)	260.001	154.769	1.680 N.S.		60.96	20.407
% Plantas dañadas por mosca midge y pájaro	116.393	88.415	1.316 N.S.		14.94	62.937
Rendimiento ajustado al 12%	1.381	0.340	4.064**		2.12	27.504
Rendimiento individual por genotipo	0.000	0.000	5.684**		0.03	0.000

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

Tr = Valor transformado

$$\% \text{ C.V.} = \left[\frac{\sqrt{\text{C.I.:E.}}}{\bar{y}} \right] \times 100$$

CUADRO 4a. Resumen de los análisis de covarianza para las variables estudiadas donde se presentan los g.l. y C.M. para tratamientos y el error, así como la "F" calc. y el coeficiente de variación. Evaluación del mosaico enano del maíz (MVMD) en sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench. Marín, N.L., 1985.

Covariables G.L.	C.M.T. 25	C.M.E. 47	F. calc.	% C.V.
Rendimiento 12% con panojas cosechadas.	1.075	0.227	4.725**	22.473
Rendimiento al 12% con plan- tas enfermas (1a. lectura)	1.371	0.337	4.069**	27.382
Rendimiento al 12% con plan- tas enfermas (2a. lectura)	1.263	0.347	3.642**	27.786

y.. = 2.12

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

$$\% \text{ C.V.} = \left[\frac{\sqrt{\text{C.M.E.}}}{y..} \right] \times 100$$

CUADRO 5a. Comparación de medias por el método de Tukey para la variable porcentaje de plantas enfermas en primera lectura, por las variables No. de plantas enfermas y total de plantas por parcela útil, utilizando los transformados con originales.

No. de Trat.	Descripción.	Medias (x)	Tukey= (gle, Noxs) x $\frac{CME}{i}$
6	LES-18R	49.20	a
2	LES-15B	33.01	
7	LES-34R	32.74	
4	LES-10R	32.26	
12	LES-59R	31.43	
20	LES-112R	30.87	
14	LES-73R	30.07	
9	LES-48R	28.53	
8	LES-38R	28.14	
15	LES-78R	27.69	
23	LI-59	27.22	
13	LES-68R	26.60	
19	LES-110R	25.81	
16	LES-80R	25.80	
1	LES-5B	25.29	
3	LES-101B	24.58	
17	LES-88R	24.53	
18	LES-92R	24.45	
10	LES-49R	24.28	
22	LI-6	23.42	
24	RB-3006	21.96	
5	LES-11R	20.74	
11	LES-50R	19.60	
21	LI-4	18.33	
25	Asgrow #2 forrajero	14.44	

Valor Tukey
0.05 = 13.06

CUADRO 6a. Comparación de medias por el método de Tukey para la variable rendimiento ajustado por parcela útil (12% H°).

No. de Trat.	Descripción	Medias (\bar{X})			
19	LES-110R	3.10	a	Valor Tukey 0.05 = 1.85	
8	LES-38R	2.99			
21	LI-4	2.91			
25	Agrow #2 forrajero	2.66			
9	LES-48R	2.62			
7	LES-34R	2.56			b
16	LES-80R	2.53			
24	RB-3006	2.53			
5	LES-11R	2.52			
1	LES-5B	2.49			
18	LES-92R	2.47			
15	LES-78R	2.45			
20	LES-112R	2.39			
4	LES-10R	2.32			
10	LES-49R	2.03			
13	LES-68R	1.98	c		
2	LES-15B	1.84			
23	LI-59	1.81			
6	LES-18R	1.80			
11	LES-50R	1.78			
17	LES-88R	1.61			
12	LES-59R	1.51			
22	LI-6	0.74			
14	LES-73R	0.71			
3	LES-101B	0.68			

CUADRO 7a. Rendimiento promedio esperado (kg) por genotipo, al ajustar por medio de análisis de covarianza el rendimiento 12% H con la co-variable panojas cosechadas por la fórmula de ajuste:

$$Y = y.i. - b(\bar{x} - X).$$

No. de Trat.	Descripción	Medias (\bar{X})	
21	LI-4	2.80	<p>Valor Tukey 0.05 = 1.51</p>
7	LES-34R	2.73	
24	RB-3006	2.68	
9	LES-48R	2.65	
15	LES-78R	2.64	
8	LES-38R	2.63	
19	LES-110R	2.60	
5	LES-11R	2.52	
1	LES-5B	2.51	
18	LES-92R	2.38	
20	LES-112R	2.36	
16	LES-80R	2.34	
f	LES_18R	2.27	
	LES-15B	2.16	
1	LES-68R	2.12	
2	LI-59	2.11	
4	LES-10R	2.04	
10	LES-49R	1.95	
12	LES-59R	1.78	
11	LES-50R	1.65	
25	Asgrow #2 forrajero	1.53	
17	LES-88R	1.47	
22	LI-6	1.03	
14	LES-73R	0.93	
3	LES-101B	0.79	

CUADRO 8a. Relación en la presencia de virus del mosaico enano del maíz, en base al porcentaje de infección en primera y segunda lectura, partiendo del rendimiento individual por genotipo.

Rend. Trat.	Ind./genotipo Descripción	Media (g)	% de Infección causado por MDMV		Segunda lectura (90 días Emerg) Descripción	Media
			Primera lectura (40 días Emerg) Descripción	Media		
19	LES-110R	37.7	6	LES-18R	12	49.20
21	LI-4	36.3	2	LES-15B	15	33.01
8	LES-38R	35.5	7	LES-34R	1	32.74
7	LES-34R	35.1	4	LES-10R	22	32.26
15	LES-78R	34.8	12	LES-59R	10	31.43
4	LES-10R	34.1	20	LES-112R	20	30.87
16	LES-80R	32.5	14	LES-73R	16	30.07
25	Asgrow #2 forrj.	32.3	9	LES-48R	7	28.53
18	LES-92R	30.8	8	LES-38R	19	28.14
10	LES-49R	30.6	15	LES-78R	24	27.69
20	LES-112R	29.7	23	LI-59	9	27.22
5	LES-11R	29.3	13	LES-68R	5	26.60
1	LES-5B	28.9	19	LES-110R	6	25.81
9	LES-48R	28.7	16	LES-80R	2	25.80
13	LES-68R	26.8	1	LES-5B	17	25.29
24	RB-3006	26.7	3	LES-101B	8	24.58
23	LI-59	24.2	17	LES-88R	3	24.53
2	LES-15B	23.8	18	LES-92R	13	24.45
6	LES-18R	21.2	10	LES-49R	21	24.28
17	LES-88R	21.1	22	LI-6	18	23.42
11	LES-50R	21.0	24	RB-3006	23	21.96
12	LES-59R	16.5	5	LES-11R	11	20.74
3	LES-101B	9.1	11	LES-50R	25	19.60
14	LES-73R	8.5	21	LI-4	14	18.33
22	LI-6	8.1	25	Asgrow #2 forrj.	4	14.44

