

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE VEINTE LÍNEAS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.)
MOENCH] POR SU REACCIÓN A ENFERMEDADES EN TRES
LOCALIDADES DE NICARAGUA, POSTRERA 2003**

AUTOR:

Br. ADANIA GUADALUPE ESPINOZA LOPEZ

ASESORES:

M.Sc. YANET GUTIÉRREZ GAITÁN
M.Sc. SERGIO PICHARDO GUIDO

MANAGUA, NICARAGUA
MARZO, 2006

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE VEINTE LÍNEAS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.)
MOENCH] POR SU REACCIÓN A ENFERMEDADES EN TRES
LOCALIDADES DE NICARAGUA, POSTRERA 2003**

AUTOR:

***Br.* ADANIA GUADALUPE ESPINOZA LOPEZ**

ASESORES:

***M.Sc.* YANET GUTIÉRREZ GAITÁN**

***M.Sc.* SERGIO PICHARDO GUIDO**

Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como requisito para optar al grado de Ingeniera Agrónoma con orientación en Fitotecnia

MANAGUA, NICARAGUA
MARZO, 2006

DEDICATORIA

A **DIOS** sobre todas las cosas, por su amor infinito, por darme paciencia, sabiduría y la oportunidad de concluir mis estudios universitarios y así lograr cumplir mi sueño y el de mi **FAMILIA**.

A mis padres con mucho cariño, amor y respeto, **Inés Espinoza Gonzáles** y **Sonia Guadalupe López** por brindarme su amor, apoyo y consejos para seguir adelante con mis estudios, terminar la carrera y salir adelante en la vida

A mis hermanos (a) **Espinoza López: Dimas, Henry, Nelton, Yeslin y Selvin;** por su cariño, por su respeto, por la compañía que me han dado en el transcurso de la vida.

A mis abuelas **María Josefina López** (q.e.p.d); gracias **Pina** por estar con migo hasta saber que había defendido mi tesis aunque halla tenido que modificar este párrafo e **Isabel Gonzáles** por su cariño, oraciones y consejos tan valiosos.

A mis abuelos **Eleodoro Espinoza Centeno** (q.e.p.d) por su cariño, concejos, consideración y oraciones y **Carlos Sánchez Cáliz** (q.e.p.d).

A mis compañeros y amig@s que han contribuido con mi formación profesional.

A todos mis familiares entre ellos ti@s, prim@s que me han apoyado y lo siguen haciendo.

Br. ADANIA GUADALUPE ESPINOZA LOPEZ

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** sobre todo por ser el creador de mi vida y haberme permitido seguir adelante en mis estudios y poder culminarlos.

A mis asesores: *M. Sc. Yanet Gutiérrez Gaitán* y *M.Sc. Sergio Pichardo Guido* por su apoyo incondicional y regalarme su valioso tiempo, comentarios, correcciones y sugerencias en la realización de este escrito y especialmente una persona que me dio su apoyo como si hubiese sido también mi asesor; me refiero a *M.Sc. Álvaro Benavides González* por su valiosa ayuda en la realización de los análisis estadísticos y regalarme su valioso tiempo, comentarios, correcciones y sugerencias en la realización de este escrito.

Al proyecto INTSORMIL (International Sorghum and Millet Project), por el apoyo financiero en la realización de la etapa de campo de esta investigación. También al Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA-INTA) por el apoyo en el manejo agronómico del ensayo y particularmente a *M.Sc. Rafael Obando Solís* por su apoyo, correcciones y colaboración en la realización de esta investigación.

Al personal de la dirección de servicios estudiantiles, por su apoyo en el transcurso de la carrera y por sus consejos constructivos.

A los productores: *Agapito Ñurinda* y *Enrique Saravia*, por permitirnos establecer los ensayos en sus fincas y apoyarnos en el manejo agronómico de los mismos. También al *Téc. Agr. Mario Cerna* por su apoyo en la etapa de campo y la toma de datos de esta investigación.

A toda mi familia (ti@s, prim@s, etc) y amistades por su apoyo y consejos.

A los *profesores* de la Universidad Nacional Agraria por compartir con migo sus conocimientos a lo largo de la carrera hasta formarme como profesional y al personal del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF), también al personal de la Facultad de Agronomía (FAGRO) por su trabajo en pro de mi formación profesional.

Br. ADANIA GUADALUPE ESPINOZA LOPEZ

CONTENIDO

	Página
INDICE GENERAL	<i>i</i>
INDICE DE TABLAS	<i>iv</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>v</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Enfermedades	4
2.1.1. Mancha gris de la hoja	4
2.1.2. Mancha zonada de la hoja	5
2.1.3. Antracnosis	6
2.2. Manejo de enfermedades	9
2.3. Mohos en panoja	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Descripción del lugar y del experimento	10
3.1.1. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA–INTA), municipio Managua	10
3.1.2. Tisma, departamento de Masaya	11
3.1.3. Ranchería, municipio de Chinandega	12
3.2. Descripción de Tratamientos	13
3.3. Diseño experimental	14
3.4. Dimensión del ensayo (área experimental)	15
3.5. Variables evaluadas	15
3.5.1. Variables biológicas	15
3.5.2. Variables agronómicas	16
3.6. Manejo agronómico del ensayo	17

3.7.	Análisis de datos	18
3.7.1.	Análisis descriptivo	18
3.7.2.	Análisis estadístico	19
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1.	Análisis descriptivo	21
4.1.1.	Severidad de enfermedades foliares	21
4.1.2.	Tasa de incremento de la enfermedad de las líneas de sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega	24
4.1.3.	Variables agronómicas	27
4.1.3.1.	Altura de planta	27
4.1.3.2.	Exerción de la panoja	28
4.1.3.3.	Longitud de panoja	29
4.2.	Análisis estadístico	30
4.2.1.	Severidad de enfermedades foliares	30
4.2.1.1.	Comparación de valores medios para la severidad de las enfermedades foliares del sorgo por localidad	30
4.2.1.2.	Comportamiento de las enfermedades foliares en las líneas de sorgo por localidad y fecha	33
4.2.2.	Severidad de mohos en panoja	36
4.2.2.1.	Comportamiento de valores medios para severidad de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo por localidad	36
4.2.2.2.	Comparación de valores medios para afectación de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo, entre líneas	39
4.2.3.	Rendimiento de 20 líneas de sorgo evaluadas en; CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	41
4.2.3.1.	Comportamiento del rendimiento del sorgo por localidad	45
4.2.4.	Análisis de Correlación de Pearson	47
4.2.5.	Análisis del comportamiento predictivo	48
4.2.5.1.	Análisis del comportamiento predictivo en las localidades	48
4.2.5.2.	Análisis del comportamiento predictivo de las líneas	49

V.	CONCLUSIONES	52
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	LITERATURA CONSULTADA	55
VIII.	ANEXOS	61

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción de líneas de sorgo evaluadas en tres localidades INTA–CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega considerando su origen genético; Managua, Nicaragua; 2003.	14
Tabla 2. Comparación de valores medios para la severidad de las enfermedades foliares de 20 líneas de sorgo por localidad.	32
Tabla 3. Comparación de valores medios para severidad de enfermedades foliares en 20 líneas de sorgo por localidad y por fecha.	35
Tabla 4. Comparación de valores medios para la afectación de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo por localidad.	38
Tabla 5. Comparación de valores medios para la afectación de mohos de la panoja en 20 líneas de sorgo entre líneas.	40
Tabla 6. Comparación de valores medios para el rendimiento de 20 líneas de sorgo entre líneas.	44
Tabla 7. Comparación de valores medios para el rendimiento de 20 líneas de sorgo por localidad	46
Tabla 8. Análisis de correlación de Pearson y significancia estadística ($Pr>F$) al 95 % de confiabilidad en la severidad de las enfermedades foliares y el rendimiento en 20 líneas de sorgo en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003.	47
Tabla 9. Ecuaciones de predicción del comportamiento productivo de las localidades evaluadas.	48
Tabla 10. Ecuaciones de predicción del comportamiento productivo de las líneas evaluadas en las localidades.	50

INDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 1. Valores promedios de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. INTA, CNIA, Managua. (INETER, 2003)	11
Figura 2. Valores promedios de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. Tisma, Masaya. (INETER, 2003)	12
Figura 3. Valores promedios de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. Ranchería, Chinandega. (INETER, 2003)	13
Figura 4. Severidad promedio de enfermedades foliares en sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	23
Figura 5. Tasa de incremento de la enfermedad en líneas de sorgo en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	25
Figura 6. Severidad promedio de mohos en panoja en sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	39
Figura 7. Rendimiento de 20 líneas de sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	42
Figura 8. Comportamiento predictivo lineal de 20 líneas de sorgo en CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003	49

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1.	Plano de campo en las tres localidades evaluadas en la investigación (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega). 62
Anexo 2.	Escala de daño de severidad para enfermedades foliares; Frederiksen, (2000), modificada por Pichardo, (2001). 62
Anexo 3.	Escala propuesta para evaluar la severidad de mohos en panoja. 63
Anexo 4.	Enfermedades presentes en las 20 líneas de sorgo evaluadas en tres zonas sorgueras de Nicaragua (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega); Nicaragua, 2003. 63
Anexo 5.	Reacción de las líneas de sorgo a las enfermedades foliares evaluadas en CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003. 64
Anexo 6.	Tasa de incremento (r) de la severidad de las enfermedades foliares en sorgo en tres localidades de Nicaragua; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega, 2003. 65
Anexo 7.	Altura de planta, exerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad CNIA, Managua. 66
Anexo 8.	Altura de planta, exerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad Tisma, Masaya. 67
Anexo 9.	Altura de planta, exerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad Ranchería, Chinandega. 68
Anexo 10.	Comportamiento de severidad de enfermedades foliares en 5 líneas de sorgo (2001 y 2003), en la localidad CNIA, Managua. 68
Anexo 11.	Rendimiento de 20 líneas de sorgo en las tres localidades evaluadas (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega); Nicaragua, 2003. 69
Anexo 12.	Enfermedades presentes en las líneas evaluadas en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega. 70

RESUMEN

Para contribuir a resolver la problemática varietal en el país, se han sumado esfuerzos en evaluar líneas de sorgo por lo que se realizó un experimento en diferentes zonas productoras de sorgo en Nicaragua utilizando un vivero de líneas para evaluar plagas y enfermedades ADIN (All Diseases and Insect Nursery), facilitado por el Dr. Larry E. Claflin, fitopatólogo de la Universidad del Estado Kansas (KSU), mediante el programa INTSORMIL (International Sorghum and Millet Project). El estudio se desarrolló de agosto a diciembre del 2003. Se utilizó, parcelas experimentales de 5 m. lineales con un área total de 75 m² con dos repeticiones en cada localidad; Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, (CNIA-INTA), Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega. Entre las variables estudiadas se evaluó severidad de enfermedades foliares, severidad de mohos en panoja y rendimiento de grano. Para la evaluación de las enfermedades se utilizó una escala de daño que incluye valores de 0 %-100 % de severidad propuesta por (Frederiksen, 2000); modificada por (Pichardo, 2001). Los datos colectados fueron procesados y sometidos a un ANDEVA, y separación de medias utilizando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se realizó análisis de regresión lineal para determinar el rendimiento predictivo por localidad y líneas. Los resultados obtenidos mostraron que existen diferencias estadísticas entre las líneas para las tres localidades. Las líneas evaluadas en Ranchería presentaron los menores niveles o valores de severidad de enfermedades (7-21 %); valores intermedios (15-39 %) las líneas evaluadas en Tisma y los más altos valores (39-58 %) las líneas evaluadas en el CNIA-INTA. Las enfermedades presentes en el estudio fueron: mancha gris de la hoja causada por *Cercospora sorghi*, Ellis & Everth, antracnosis causada por *Colletotrichum graminicola* G. W. Wilson y mancha zonada de la hoja causada por *Gloeocercospora sorghi* D. Bain & Edgerton ex Deighton. Los mayores rendimientos fueron obtenidos por la línea Sureño con 9 037.31, 5 296.57 y 3 566.18 kg ha⁻¹ en CNIA-INTA, Tisma y Ranchería respectivamente; y los menores rendimientos por BLD6(w+y) en CNIA-INTA, con 1 184 kg ha⁻¹, B.9955 en Tisma, con 870.53 kg ha⁻¹ y en Ranchería la línea 98BRON122 con 1 352.55 kg ha⁻¹.

CNIA-INTA (Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria)

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (Linn.) Moench), es uno de los cereales más importantes cultivados en el mundo. Etiopía, es considerado el centro de origen donde se usa principalmente como alimento humano (Magness *et al.*, 1971; Poehlman *et al.*, 1995; Maunder, 2002).

De acuerdo con Maunder, (2002), los EEUU actualmente producen aproximadamente el 25 % del sorgo a nivel mundial, y el grano es usado principalmente como alimento de ganado. Según Compton (1985), el cultivo de sorgo ocupa el cuarto lugar en la producción mundial de cereales, después del trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.).

En los últimos años el área cultivada mundialmente fue de unos 42.57 millones de hectáreas, siendo los mayores productores: Nigeria donde se siembran 7.07 millones de hectáreas, Sudan 4.8 millones de hectáreas, la India con 9.7 millones de hectáreas, en donde los rendimientos promedios oscilan entre 583 a 1 090 kg ha⁻¹ (FAO, 2002).

En Nicaragua el cultivo de sorgo adquiere cada día mayor importancia. Es utilizado en la elaboración de alimento para aves, bovinos, cerdos y alimento humano. El grano de endosperma blanco es base para preparar atol, tortillas, rosquillas, rosquetes, turrone, pan sin levadura, etc. El MAG-FOR (2000), reporta que este rubro aporta el 1.37 % a la actividad agrícola y el 4.1 % para los productos de consumo interno (maíz, frijol, arroz, sorgo y soya). El área sembrada es de 43 183.41 hectáreas, obteniendo una producción global de 56 490.2 tn, para un rendimiento promedio de 1 982.50 kg ha⁻¹ durante el ciclo 2005-2006 (MAG-FOR, 2005). La producción de sorgo industrial en Nicaragua en los años 2003, 2004 y 2005 fue de 1 362.5, 1 382.1 y 1133.9 miles de quintales respectivamente. En Nicaragua el sorgo se siembra en los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas (Pineda, 1999).

Según Claflin *et al.*, (2003), el sorgo granífero ha recibido una limitada atención en Centro América en relación con el maíz, dado que el maíz ha sido tradicionalmente el cultivo favorito para los grandes productores y también para los que producen a nivel de subsistencia. Un incremento de 10 veces de la industria avícola en menos de 10 años ha proporcionado el ímpetu necesario para la producción de sorgo. Las enfermedades del sorgo han sido pobremente caracterizadas, y su incidencia y severidad eran desconocidas. Utilizando viveros de líneas para evaluar plagas y enfermedades ADIN's (All Disease and Insect Nursery) desde el año 2000, se ha obtenido información valiosa tanto en El Salvador como en Nicaragua. En Nicaragua se determinó que la antracnosis del sorgo y la mancha gris del sorgo son las enfermedades más prevalentes en el cultivo. La antracnosis fue la enfermedad más importante en 2001, mientras que la mancha gris fue la más importante en el 2002.

La resistencia a las enfermedades es una herramienta muy valiosa en el manejo de las mismas, pero tal desarrollo requiere variabilidad en el germoplasma, técnicas efectivas de selección, ensayos en localidades múltiples, para obtener una resistencia estable a través de ambientes y la combinación de la resistencia con otras características deseables de la planta (Mughogho, 1982; citado por Compton, 1990).

Los productos químicos en el manejo de enfermedades en plantas, logran un control parcial de ellas. Sin embargo, el uso de estos aumentaría los costos de producción y su rentabilidad se reduciría. La resistencia de las plantas a las enfermedades en la agricultura; en general, no representa un costo adicional para el agricultor, no contamina el ambiente ni pone en peligro la salud de los trabajadores; es compatible con la mayoría de las prácticas agrícolas y a menudo tiene un efecto lo suficientemente grande como para mantener por si misma la enfermedad dentro de niveles no dañinos (Arauz, 1998).

Por lo tanto, la identificación de cultivares resistentes, contribuiría a reducir las pérdidas que tradicionalmente se producen en el cultivo del sorgo debido a enfermedades como la antracnosis (Pichardo, 2005, com. pers.).

Tomando en consideración que se necesitan urgentemente materiales que den respuesta a la demanda de los productores de cultivares que sean resistentes al perjuicio que ocasionan las enfermedades del sorgo; y que falta información, se desarrolló esta investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Contribuir a la identificación preliminar de materiales resistentes que respondan a enfermedades foliares infecciosas y de la panoja en el cultivo del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], mediante la evaluación de 20 líneas en el INTA–CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega.

Objetivos específicos:

- Evaluar la severidad de enfermedades foliares en 20 líneas de sorgo en tres localidades.
- Identificar líneas de sorgo resistentes a enfermedades foliares de mayor importancia en tres localidades.
- Evaluar la severidad de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo en tres localidades.
- Relacionar el rendimiento de las 20 líneas de sorgo con la severidad de las enfermedades foliares evaluadas en tres localidades.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Enfermedades

2.1.1. Mancha gris de la hoja

Generalidades

La mancha gris de la hoja es causada por el hongo *Cercospora sorghi* Ellis & Everth pertenece a la clase Deuteromycetes, orden Moniliales, familia Dematiaceae. Se encuentra generalmente en las regiones donde crece el sorgo, cuando el tiempo es cálido y húmedo durante la temporada de crecimiento (Cook, 1981).

El desarrollo de manera simultánea de otras enfermedades foliares dificulta la evaluación de la enfermedad. El progreso de la enfermedad y las pérdidas es influenciado por el potencial de inóculo (inicial), duración de las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad y la susceptibilidad del cultivo (Cook, 1981).

Síntomas

El síntoma inicial de la mancha gris de la hoja son pequeñas manchas rojas sobre las hojas. Las manchas se agrandan para formar lesiones rectangulares (de 2 a 5 mm x 5 a 15 mm) delimitadas por las nervaduras. Las lesiones pueden estar aisladas o coalescer en forma de franjas longitudinales o manchas irregulares y posiblemente cause la muerte de la hoja. Dependiendo de la pigmentación del hospedero las lesiones pueden ser encendidas a roja–oscura, púrpura o café claro con reacción canela. Bajo ataques severos puede ser afectada la parte superior del tallo y cogollo. La esporulación ocurre en ambas superficies de la lesión, pero es más predominante en la superficie inferior. La lesión esporulando en la hoja da un matiz grisáceo del cual se deriva el nombre de la enfermedad (Castaño y Río, 1994).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología

El patógeno persiste en residuos infectados del hospedero sobreviviendo en plantaciones de cultivos hospederos infectando sorgo silvestre (y posiblemente otras gramíneas) y semillas. Un ambiente cálido y húmedo favorece el desarrollo de la enfermedad así como a la diseminación. La conidia es el inóculo inicial y secundario, se disemina por el viento y la lluvia hacia las hojas de las plantas hospederas susceptibles. La conidia germina en la superficie de las hojas (en experimentos dura 12 horas) y el tubo germinativo entra a través del estoma (Castaño y Río, 1994).

Primero la infección es evidente por pequeñas manchas rojas. Cerca de 7 días después de la inoculación, el desarrollo de la lesión es favorecido aparentemente por condiciones cálidas y húmedas y la esporulación puede iniciarse tan temprano como 12 días después de la inoculación (Cook, 1981).

2.1.2. Mancha zonada de la hoja

Generalidades

La mancha zonada de la hoja es causada por *Gloeocercospora sorghi* Bain & Edgerton ex Deighton, pertenece a la clase Deuteromycetes, orden Moniliales y familia Moniliaceae. Es común en sorgo durante períodos húmedos y podría ocurrir también en maíz, mijo, caña de azúcar y otras numerosas gramíneas (Westcott, 1950).

Síntomas

Las lesiones características de la mancha zonada de la hoja son aproximadamente circulares (o semi-circulares si se originan cerca del borde de la hoja) con bandas alternadas de color púrpura oscuro o color rojo y bandas de color amarillo claro o canela, para así dar una apariencia concéntrica o zonada (Williams *et al.*, 1978).

Inicialmente las lesiones ocurren como puntitos rojos de apariencia húmeda, algunas veces con un halo o aureola delgada de color verde. Los puntos aumentan de tamaño, se convierten en color rojo oscuro y tienden a extenderse, estando inicialmente paralelos con las venas y eventualmente extendiéndose a través de la hoja, desarrollando según se extienden las bandas o zonas que son tan características de esta enfermedad (Williams *et al.*, 1978).

Bajo condiciones de humedad y temperatura cálida, el hongo produce grandes cantidades de una masa gelatinosa de color rosado (conidióforos y conidias) los cuales son fácilmente visibles sobre y alrededor de las áreas necróticas de las lesiones. En hojas que están infectadas severamente, varias lesiones pueden unirse sobre una gran proporción de la hoja, pudiendo que se formen esclerocios negros en las lesiones maduras (Williams *et al.*, 1978).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología

El hongo pasa de una estación a otra como esclerocios formados dentro de tejido muerto de lesiones de las hojas viejas, donde ellos aparecen como cuerpos pequeños, levantados en líneas paralelas a las venas. Los esclerocios también son producidos abundantemente en el mijo y otras gramíneas; los esclerocios de estos hospedantes pueden tener una función en la sobrevivencia del patógeno, germinan esporogénicamente para producir conidias que infectan el próximo cultivo. Durante tiempo húmedo, se producen conidias en las lesiones nuevas y causan una diseminación de la enfermedad a mayor distancia. El hongo podría también ser diseminado por la semilla (Franklin, 1986).

2.1.3. Antracnosis

Generalidades

Antracnosis es causada por el hongo *Colletotrichum graminicola* G. W. Wilson (sinónimo *C. sublineolum*) pertenece a la clase Deuteromycetes, orden Melanconiales y familia Melanconiaceae. Esta enfermedad del sorgo fue reportada por primera vez en 1902 en, África Occidental. Desde entonces ha sido observado por prevalecer ampliamente bajo condiciones calientes y húmedas en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales en

el mundo. La antracnosis del sorgo se conoce también como añublo o tizón rojo de la hoja y cuando ocurre en plántulas como tizón de las plántulas. La antracnosis aparece en todas las partes aéreas de la planta de sorgo; hojas, vainas de las hojas, tallos, panoja y semilla. La fase foliar de antracnosis es la más común en la mayoría de las regiones, y en severas epidemias, puede causar reducción en el rendimiento del grano del 50% o más. La antracnosis también causa serias pérdidas en sorgo forrajero y en sorgos utilizados para obtener jarabes. La infección del grano y la panoja pueden diseminar la antracnosis dentro de nuevas áreas a través del transporte de semillas (Agrios, 1991).

Síntomas

En la fase foliar la antracnosis podría ocurrir durante cualquier estado de desarrollo de la planta, pero comúnmente aparece de 30–40 días después de la emergencia. Los síntomas en sorgo varían con el cultivar y las condiciones de tiempo prevaleciente. Los síntomas típicos son manchas pequeñas, circulares, elípticas y elongadas, usualmente con un diámetro de 5 mm o menos. Las manchas elípticas son generalmente de 3 a 5 mm de longitud, pero podrían superar los 20 mm. Estas manchas desarrollan centros grises a pajizos con márgenes anchos de color canela, naranja, o rojo a púrpura negruzco, dependiendo del cultivar y población del patógeno. Bajo condiciones de alta humedad y altos niveles de precipitación, las manchas incrementan en número y coalescen para cubrir una gran parte de la hoja y podrían presentar manchas zonadas. Sobre la superficie de los centros canela de las lesiones, surgen de pocos a numerosos, pequeños puntos circulares concéntricos de color negro; esos puntos son los cuerpos fructíferos (acérvulos) del hongo. El examen de las lesiones con una lupa revela pequeñas estructuras protuberantes parecidas a pelos de color negro (setas) que surgen de los acérvulos. En ambientes húmedos, se produce entre las setas una sustancia mucilaginosa de color cremosa a rosado que contiene masas de esporas. En su forma severa, la antracnosis causa defoliación prematura, de esta manera reduce el crecimiento y retrasa el desarrollo de las plantas. En infecciones tempranas y en casos de alta severidad de la enfermedad, las plantas mueren antes de que alcancen la madurez (Castaño y Río, 1994).

La infección en el nervio central podría ocurrir en cultivares que tienen un pequeño daño en las hojas y esta respuesta podría ser independiente de la infección de la hoja. Los síntomas de infección en el nervio central son lesiones de elípticas a elongadas (pajizas, rojas, púrpuras o negras) en las cuales pueden observarse acérvulos negros. Si la infección foliar y del raquis ocurren juntas, el daño de la hoja, la defoliación y la reducción del rendimiento podrían ser mayores. A menudo la infección puede extenderse a las vainas de las hojas, donde se forman lesiones hundidas y elípticas con centros grises o pajizos y márgenes canela, anaranjado, rojo, púrpura o negruzco (Warren, 1986).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología

Los microesclerocios, la transmisión por semillas y los hospedantes alternos (ej: *Sorghum halepense* o Zacate johnson), han sido implicados como fuentes primarias de inóculo. El hongo puede sobrevivir como micelio en residuos de hospedantes. Puede persistir hasta 18 meses en residuos o sobre la superficie del suelo, pero no sobreviven bien en residuos enterrados. Los microesclerocios son esporogénicos y pueden sobrevivir en residuos enterrados (Warren, 1986).

Las conidias germinan cuando están en contacto con las películas de agua, los tubos germinativos desarrollan apesorios prominentes y penetran la epidermis directamente o entran a través de los estomas. El patógeno es necrotrófico, pero no es capaz de colonizar completamente hospedantes sin formar primero una fase biotrófica. La infección de las plántulas proveniente de los residuos es grandemente favorecida por el salpique de la lluvia y el contacto del follaje con el suelo. La antracnosis es más severa durante extensos períodos de tiempo nublado, caliente, húmedo y mojado, especialmente cuando esas condiciones ocurren durante el período temprano de llenado del grano. Las conidias se producen en lesiones bajo condiciones de alta humedad y requieren cerca de 14 horas para madurar a 22 °C (Warren, 1986).

2.2. Manejo de enfermedades

El manejo de las enfermedades foliares puede ser mediante el uso de cultivares resistentes que es manejo biológico; también mediante manejo cultural aplicando técnicas como; rotación de cultivos por 2 años con especies que no sean sorgo, eliminación de plantas de sorgos silvestres próximas al cultivo y gramíneas que sustentan al patógeno en la ausencia del cultivo hospedero, tomar en cuenta las épocas de siembra, eliminación de residuos de cosechas y la limpieza del cultivo para destruir los residuos de malezas hospederas susceptibles, lo cual puede reducir el inóculo inicial y retrasar el comienzo de las enfermedades; otro tipo de manejo es el químico con productos como el benomyl (Warren, *et al.*, 1986).

2.3. Mohos en panoja

Si llueve frecuentemente en la época de floración y cuando se forman los granos, puede ser que ocurran muchos tipos de hongos en el grano. Varios géneros han sido aislados de panojas cubiertas de hongos, los géneros más frecuentes son *Fusarium* spp., *Curvularia lunata* (Wakk) Boedijn y *Aspergillus flavus* (Link) (Williams *et al.*, 1978).

Las especies más comunes de *Fusarium* son *F. semitectum* y *F. moniliforme*. Los granos infectados por estos hongos desarrollan una coloración blancuzca o rosada. El hongo *Curvularia lunata* también se encuentra con frecuencia, y produce en el grano una coloración negra (Williams *et al.*, 1978).

La infección ocurre en lo profundo del grano y causa que éste tenga poca viabilidad. La infección puede ocurrir en variedades de grano blanco o de color pardo, y bajo condiciones de alta humedad puede ser tan severa en panojas abiertas y sueltas como en panojas compactas (Williams *et al.*, 1978).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar y del experimento

Los ensayos se establecieron entre agosto y diciembre del 2003 (postrera), en tres localidades, abarcando tres departamentos donde se siembra sorgo en Nicaragua.

3.1.1. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA–INTA), municipio Managua

En esta localidad el ensayo se sembró el 20 de agosto. Este centro se encuentra ubicado en el kilómetro 14 Carretera Norte, 2 km. al sur en el departamento de Managua, cuyas coordenadas geográficas son de 12° 08' Latitud Norte y 86° 10' Longitud Oeste, las temperaturas promedios durante esta época son de 26.8 °C.

La precipitación media de esta zona es de 106.96 mm y la anual 1229.6 mm y su humedad relativa promedio es de 77.4 % en un periodo de cinco meses (agosto-diciembre), este sitio tiene una elevación promedio de 54 msnm y presenta una topografía plana que oscilan entre 0-1.5 %.

La zonificación ecológica según Holdridge (1982), es del tipo bosque tropical seco; el suelo tiene una profundidad promedio de 0.8 m y una textura franco–arenoso perteneciente a la serie Sabana Grande y al orden Andosol.

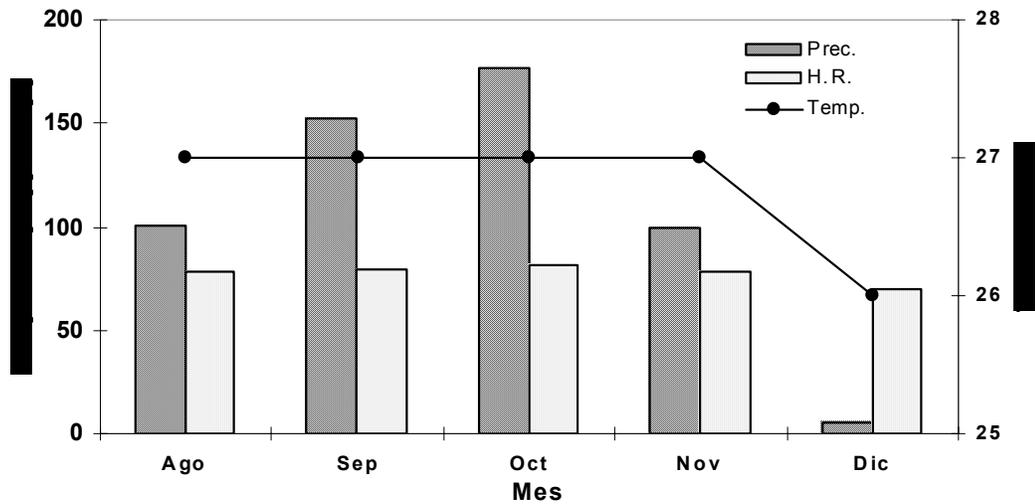


Figura 1. Valores promedio de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. INTA, CNIA, Managua. (INETER, 2003)

3.1.2. Tisma, departamento de Masaya

En esta localidad el ensayo se plantó el 5 de septiembre. Está ubicada en el kilómetro 43 carretera Tipitapa-Masaya, en la finca El Madroñal del productor Agapito Ñurinda ubicada en el departamento de Masaya, cuyas coordenadas geográficas son de 12° 07' 03" Latitud Norte y 86° 05' 27" Longitud Oeste.

El suelo de esta zona es de textura franco arenoso. La temperatura media es de 32.24 °C, la precipitación media de esta zona es de 125.32 mm y su humedad relativa promedio es de 83.2 en un periodo de cinco meses (agosto-diciembre), con una altitud de 98-110 msnm (Holdridge, 1982).

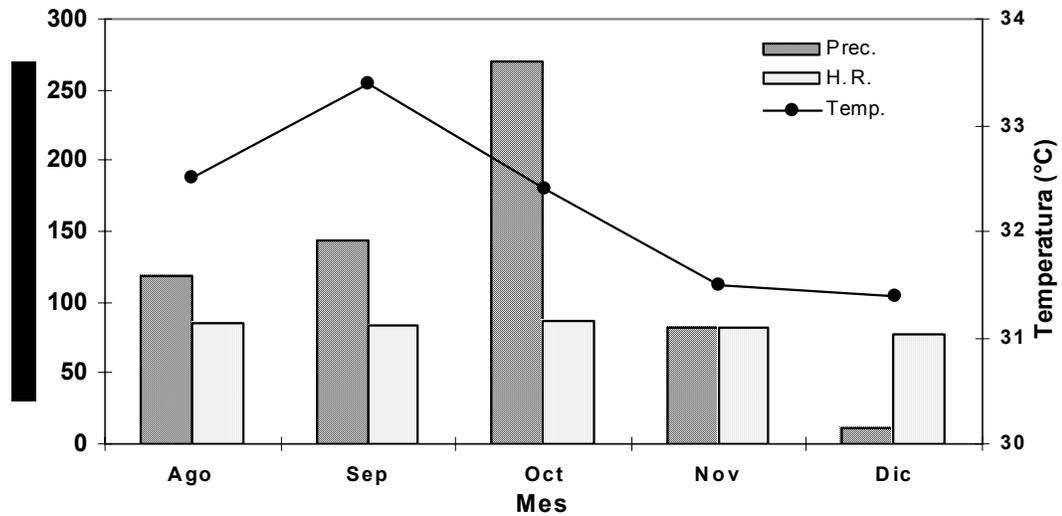


Figura 2. Valores promedio de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. Tisma, Masaya. (INETER, 2003)

3.1.3. Ranchería, municipio de Chinandega

En esta localidad el ensayo se estableció el 2 de septiembre. Esta comunidad esta ubicada en el kilómetro 157 carretera a Somotillo, en la finca del productor Enrique Saravia, departamento de Chinandega, esta se encuentra ubicado a los 12° 33' de Latitud Norte y 85° 59' de Longitud Oeste, las temperaturas promedios durante esta época son de 34.64 °C. La precipitación media de esta zona es de 225.3 mm y su humedad relativa promedio es de 78.9 % en un periodo de cinco meses (agosto-diciembre), con una elevación de 80 msnm.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1982), sobre zonas de vida, esta es una zona de bosque subtropical seco lo que actualmente es una llanura sin bosque.

Los suelos pertenecen a la serie Ingenio, con una profundidad promedio de 0.3 a 0.4 m, constituidos de textura franco-arenoso de origen volcánico, tratándose de suelos andisoles con topografía plana y ligeramente ondulados que oscilan entre 2 y 3 %; profundos con buen drenaje.

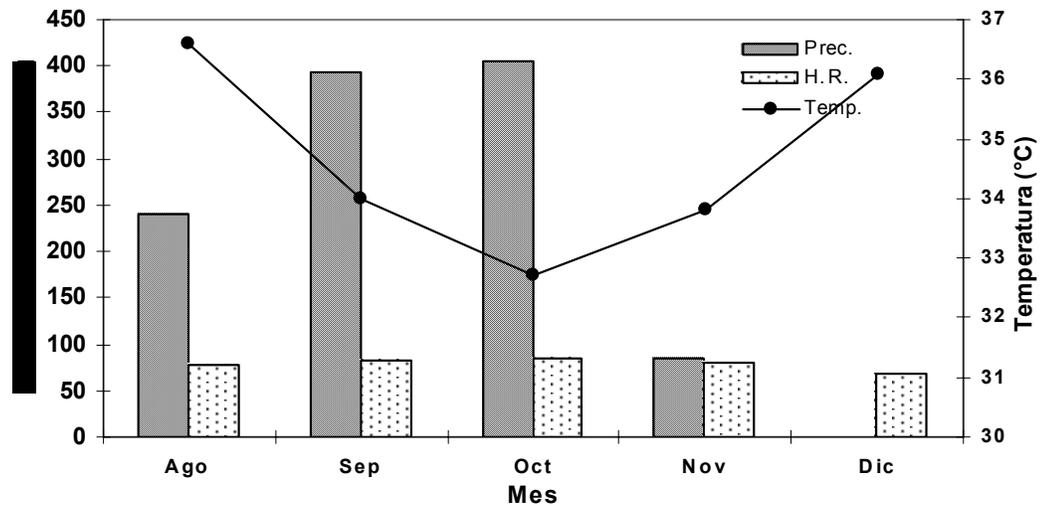


Figura 3. Valores promedio de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período de agosto-diciembre, 2003. Ranchería, Chinandega. (INETER, 2003).

3.2. Descripción de tratamientos

En la Tabla 1 se presentan los tratamientos evaluados. Fueron 20 líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] provenientes de viveros de líneas para evaluar plagas y enfermedades ADIN (All Disease and Insect Nursery) proporcionado por el Dr. Larry E. Claflin, de la Universidad del Estado de Kansas (KSU) de los Estados Unidos; conformado por 60 líneas de las cuales se seleccionaron 20 por estar presente en las dos repeticiones de cada localidad.

Tabla 1. Descripción de líneas de sorgo evaluadas en tres localidades INTA–CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega considerando su origen genético; Managua, Nicaragua; 2003.

Número	Nombre	Fuente	Pedigrí (O.G)
1	92BD1982-4	02L5106	(PL2120+81EO366)-BD6-
2	00CA4654	02L5109	(Sureño+SRN39)-BE1-CW5-
3	B,HE14	02L5117	(B1+BT,635)-HF14-
4	B,LD6(w+y)	02L5129	(B,BON34+B9502)-LD6w+y
5	02CA5053	02CA5053	(86EO361+88BE2668)-LL2
6	LG70	02L5141	(T+2862+(T+2868+PI55601)-LG35
7	B8PR1059	02L5151	(88B885+GB102B)
8	96GCPOB124	02L5164	GR134B-LG56-BG1-L2-BG1-LG8K
9	96GCPOB172	00L2186	(88CC445+T+2862)-HG62-BG1-CG3
10	MB108B	02L5165	MB108B-7-1-23
11	98BRON122	02L5161	(GR127-90M37+GR107-90M18)-LG2
12	B8PR1045	02L5169	(T+2183der+(BT+1023+(BT+625+B35)))
13	R.9528	00C55181	((SC120+T+7000)+T+7000)-10-4-6+
14	R.9645	01CS386	(RT+430+Sureño)-B12
15	B.9701	00CS5062	(BT+63)+BT+626)-B11
16	B.9712	01CS361	B.MF/RS4490-764-74-CS
17	B.9955	01CS366	(IS9530+B8110)-B7
18	R.9529	02L5186	((T+2894+R8504)-B2-B3-
19	RT.2917	00L2261	R.9120/((T+2894+T+433)-T+-B13-B1-
20	Sureño	02L5056	((SC423+C53541)+E35-1)-2/M62650/

Fuente: Universidad de Texas A & M, USA

3.3. Diseño experimental

En este experimento el diseño utilizado fue parcelas experimentales de 5 m lineales con dos repeticiones en cada localidad (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega); con veinte tratamientos (líneas) Anexo 1.

3.4. Dimensión del ensayo (área experimental)

La parcela útil fue conformada por un surco de cinco metros lineales, espaciados entre sí a 0.75 metros. Cada surco conformó una parcela, con un gramo de semilla por surco, en total fueron veinte surcos, equivalentes a la misma cantidad de líneas o entradas evaluadas. Los bloques estaban separados un metro entre sí Anexo 1. El área total fue de 75 m². La cantidad de plantas en cada surco o parcela varió en las localidades, en el CNIA-INTA osciló entre 12 y 44, en Tisma entre 6 y 26 plantas y en Ranchería entre 10 y 31 planta Anexos 6, 7 y 8.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Variables biológicas

Severidad de enfermedades foliares

La evaluación de la severidad de enfermedades foliares, se realizó mediante una estimación visual en cada surco utilizando la escala para medir la severidad de daño de las enfermedades foliares del sorgo (Frederiksen, 2000), modificada por (Pichardo, 2001); se obtuvo un promedio de porcentaje de daño causado por las enfermedades presentes para cada línea (Anexo2).

Los muestreos se realizaron en dos momentos uno en etapa vegetativa y un segundo muestreo a los 100 días después de la siembra (dds). En la mayoría de los casos se encontraron síntomas de enfermedad ocasionados por varios patógenos; sin embargo, se registró la enfermedad más prevaleciente debido a su mayor severidad en el tejido de las plantas.

La identificación de los agentes causales de enfermedades se realizó en el Laboratorio de Micología del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF), de la Facultad de Agronomía (FAGRO), en la Universidad Nacional Agraria.

Severidad de mohos en panoja

En etapa reproductiva se evaluó la severidad de mohos en panoja en cada línea o entrada basada en la escala propuesta en el presente estudio 2003 (Anexo 3). Esta evaluación se hizo de forma visual con la presencia de micelio en la panoja en cada surco.

3.5.2. variables agronómicas

- **Altura de plantas:** Medida en centímetros (cm), desde la base de la planta al nivel del suelo, hasta el ápice de la panoja al momento de la cosecha.
- **Longitud de panoja:** Medida en centímetros (cm), a partir de la primera ramilla, hasta el ápice de la panoja.
- **Exerción de panoja:** Medida en centímetros (cm), desde la hoja bandera hasta la primera ramificación de la panoja.
- **Rendimiento del grano**

Barreto y Raun, (1988) proponen la siguiente fórmula, para evaluar el rendimiento del grano:

$$\frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{\text{Peso de campo}}{\text{AU}} * 10000 * 0.8 * \left(\frac{100 - \% \text{Humedad}}{85} \right)$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \text{Kilogramo por hectárea (kg ha}^{-1}\text{)}$$

Peso de campo de las panojas de cada línea en kilogramos.

$AU = \text{Área útil} = 3.75 \text{ m}^2$. Se calculó multiplicando el número de surcos por la longitud del surco por la distancia de siembra entre surcos.

$10\ 000 = \text{Área de una hectárea en m}^2$.

$0.8 = \text{Constante para sacar el porcentaje de desgrane. Separa los granos de la panoja.}$

$100 = \text{Es una constante.}$

$\% \text{ de humedad} = \text{Es el porcentaje de humedad que se midió en el campo con el probador de humedad para el peso de cada línea.}$

$85 = \text{Constante para uniformizar los pesos a 15 \% de humedad.}$

3.6. Manejo agronómico del ensayo

En las tres localidades la preparación del suelo se realizó utilizando el sistema de labranza convencional de acuerdo con la guía tecnológica del INTA, (1999). Se inició con la limpieza del terreno (chapoda) una semana antes del arado, se realizó un mes antes de la siembra con arado de disco, los pases de grada se hicieron 15 y 7 días antes de la siembra respectivamente. La nivelación y el rayado al momento de la siembra, que se efectuó manual a chorrillo con una distancia entre surcos de 0.75 metros, para una densidad poblacional de 240,000 plantas ha^{-1} .

Al momento de la siembra se suministró fertilizante completo de la formulación comercial 12-30-10 a razón de dos quintales por manzana ($129.11 \text{ kg ha}^{-1}$), 30 dds se realizó un pase de cultivadora, más la aplicación de fertilizante nitrogenado (urea 46%) a razón de tres quintales por manzana. ($193.67 \text{ kg ha}^{-1}$). El control de malezas se realizó de forma manual.

En la localidad CNIA, Managua se aplicó riego al cultivo, este se efectuó durante dos semanas, después de la siembra, por 2-3 horas, dos veces por semana.

La cosecha se efectuó manualmente cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica; sin embargo, no todos los materiales tienen el mismo ciclo.

En la localidad CNIA-INTA la cosecha se realizó el 15 de diciembre en Tisma; el 20 de diciembre y en Ranchería el 18 de diciembre.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis descriptivo

Para evaluar la reacción de las líneas de sorgo ante las principales enfermedades foliares, se establecieron cinco grupos y fueron evaluados por su reacción a las enfermedades presentes. Según la escala de daño para enfermedades foliares (Frederiksen *et al.*, 2000), modificada por (Pichardo, 2001) (Anexo 2). Los grupos fueron:

- a) Altamente Resistente
- b) Moderadamente Resistente
- c) Moderadamente Susceptible
- d) Susceptible
- e) Altamente Susceptible

Para explicar como avanzó la intensidad de la enfermedad en las líneas de sorgo en cada una de las localidades se calculó la tasa de incremento de la enfermedad (r). La tasa de infección o tasa de enfermedad mide la velocidad del proceso de la epidemia, por lo que puede considerarse un velocímetro de la enfermedad, ya que indica como avanza en una unidad de tiempo (Van der Plank, 1963, 1968 citado por Cornide *et al.*, 1985).

La fórmula es la siguiente:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\log_e \frac{y_2}{1 - y_2} \right) - \left(\log_e \frac{y_1}{1 - y_1} \right)$$

r = tasa de incremento de la enfermedad

l = constante

t_2 = tiempo (segunda evaluación)

t_1 = tiempo (primera evaluación)

$\log e$ = logaritmo natural

y_2 = Porcentaje de severidad en la segunda evaluación

y_1 = Porcentaje de severidad en la primera evaluación

Para calcular la tasa de incremento de la enfermedad se tomó como t_1 cuando aparecieron los primeros síntomas de enfermedades foliares y t_2 la segunda evaluación. Se graficó las líneas con mayor y menor tasa de incremento de las enfermedades de cada localidad.

3.7.2. Análisis estadístico

Los datos recopilados en el campo fueron introducidos en Microsoft Excel; procesados y sometidos a un ANDEVA usando el programa estadístico SAS. Con el objetivo de determinar las categorías estadísticas se realizó una separación de medias, utilizando la prueba de rangos múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$), y se determinó su criterio de comparación o Diferencia Mínima Significativa (DMS), para cada uno de los efectos principales; localidades, líneas e interacciones donde hubo diferencias significativas.

Con base a la información recopilada en las unidades experimentales se conformaron modelos lineales en el que se incluyeron los factores fechas de evaluación y líneas de sorgo en un arreglo bifactorial, y líneas por cada localidad en un arreglo unifactorial para la variable severidad. De igual manera, se utilizó un modelo en el que se aislaron las localidades y las líneas en la variable mohos en panoja y rendimiento en un modelo unifactorial.

A los datos obtenidos se les realizó transformación $\sqrt{x + 0.5}$, previo al análisis estadístico, en donde x es la variable evaluada.

Para saber si existe relación entre las variables rendimiento y severidad de las enfermedades foliares se realizó un análisis de correlación de Pearson, utilizando el programa MINITAB.

Los datos se sometieron a un análisis de regresión lineal simple para determinar el rendimiento predictivo para las localidades y líneas, con la metodología de los mínimos cuadrados similar a la utilizada en el análisis de estabilidad modificado y propuesto por Hildebrand y Poey, (1989). Esta técnica estadística expresa que el ambiente se torna en una variable continua y cuantificable, cuyo rango de valores es el de los rendimientos promedios de cada línea en el ensayo. La ecuación se representa de la siguiente manera:

$$Y_i = a + be$$

Donde,

Y_i representó el rendimiento del i -ésimo línea de sorgo,

a denota el intercepto

b la pendiente

e es el rendimiento promedio de las líneas en los tres ambientes.

Los cálculos para determinar las ecuaciones de regresión se realizaron de forma independiente para cada línea. Posteriormente se graficó los rendimientos estimados y el índice ambiental para las líneas de cada una de las localidades.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis descriptivo

4.1.1. Severidad de enfermedades foliares

El cultivo del sorgo está sujeto al ataque de patógenos que afectan el área foliar. El diagnóstico puede ser complicado por diversos factores, entre ellos: Combinación de enfermedades en la misma hoja, medio ambiente, madurez del hospedero y el tipo de pigmento producido por la línea de sorgo que responde a la misma enfermedad foliar con coloraciones púrpura o canela.

Las enfermedades foliares prevalentes en el estudio fueron: antracnosis causada por *Colletotrichum graminicola* G. W. Wilson; mancha gris de la hoja causada por *Cercospora sorgui* Ellis & Everth, mancha zonada de la hoja causada por *Gloeocercospora sorgui* D. Bain & Edgerton ex Deighton y mohos en panoja asociados a *Fusarium* spp, *Curvularia lunata* (Wakk) Boedijn y *Aspergillus flavus* (Link); estas enfermedades son de origen fungoso ver Anexos 4 y 12.

Aguilar y Barrera, (2001); evaluando 19 líneas de sorgo en el CNIA-INTA, Managua reportan las mismas enfermedades que prevalecieron en este estudio además otras como: tizón de la hoja causada por el hongo *Exserohilum turcicum* (Pass.) J. Leonard & E. G. Suggs; pokkah boeng (*Gibberella intermedia* (Kuhlman) Samuels, Nirenberg & Seifert), marchitez por Acremonio causada por el hongo *Acremonium strictum* W. Gams. De la misma manera, Gavarrete y Zeledón (2001), reportaron las mismas enfermedades evaluando 20 líneas de sorgo en la misma localidad, considerando estas como las incidentes en el cultivo de sorgo en Nicaragua.

Las líneas evaluadas en la localidad Ranchería, fueron las que presentaron los menores valores de severidad de enfermedades foliares presentes en el ensayo (9-55 %). Los valores intermedios de severidad de las enfermedades presentes se observaron en las líneas evaluadas en Tisma y los mayores valores de severidad los presentaron las líneas evaluadas en el CNIA-INTA (Figura 4).

Entre los factores que influyeron a una mayor severidad de las líneas evaluadas en el CNIA-INTA están: uso de riego que permitió que se presentaran condiciones microclimáticas de humedad en la planta que favorecieron el desarrollo de las enfermedades foliares. El tipo de riego por aspersión favoreció la diseminación de las esporas de los hongos causantes de estas enfermedades foliares. Otro factor que influyó en el desarrollo de las enfermedades antes mencionadas, es la alta presión y concentración de inóculo debido a la siembra continua de sorgo y maíz, en áreas aledañas de donde se encontraba el ensayo. Arauz, (1998); señala que el salpique de gotas de agua provenientes del riego por aspersiones es un mecanismo común de diseminación de hongos.

Clará *et al.*, (2002), evaluó el comportamiento de los sorgos híbridos para grano, en seis localidades de Centroamérica, reporta al CNIA-INTA, como la localidad con mas incidencia de enfermedades foliares. Estos resultados coinciden con el presente estudio, ya que de las tres localidades utilizadas en el estudio, en el CNIA-INTA, las líneas presentaron la mayor severidad de las enfermedades foliares.

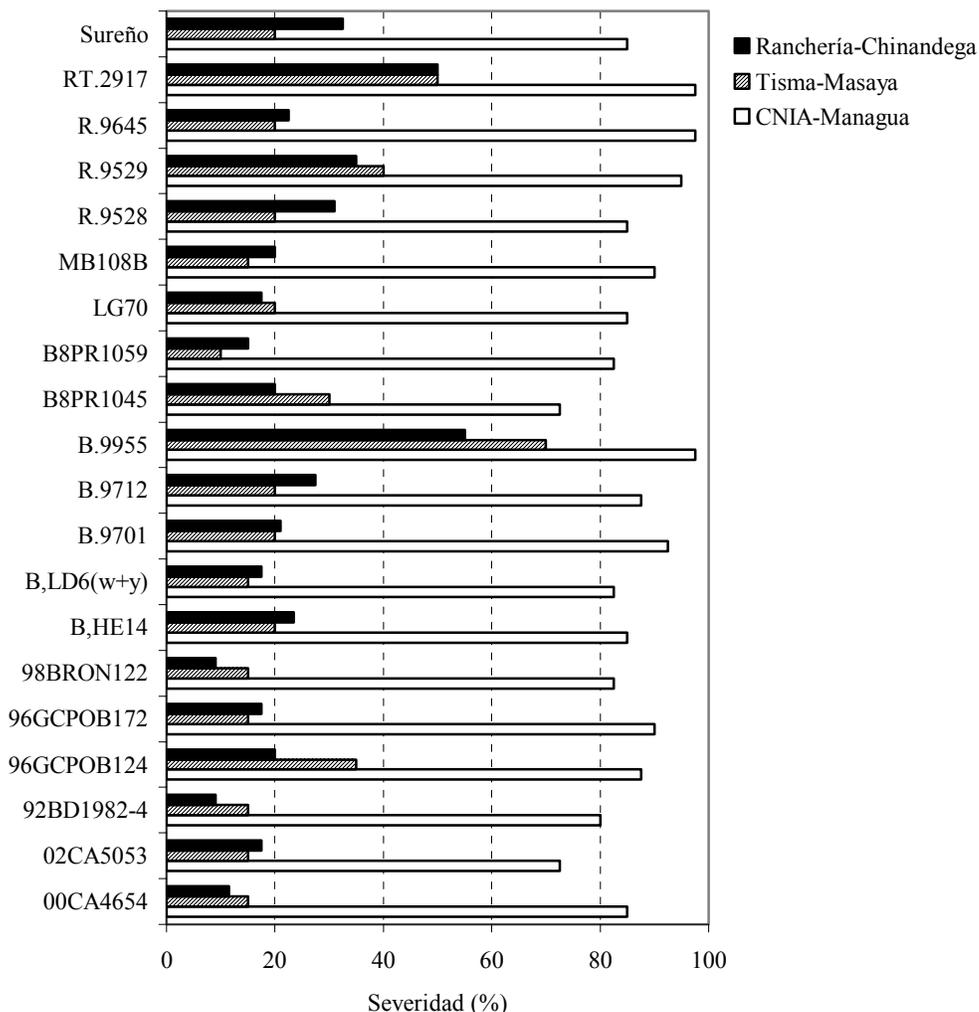


Figura 4. Severidad promedio de enfermedades foliares en sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

En el Anexo 5 se presenta la clasificación de las líneas por su reacción a las enfermedades presentes en los ensayos. En la localidad CNIA-INTA; todas las líneas fueron consideradas altamente susceptibles, ya que obtuvieron valores de severidad mayores de 72.5 %. Las líneas en esta localidad se pueden considerar de forma preliminar como tolerantes a las enfermedades presentes, ya que su capacidad de producir no se vió reducida, por que resultaron con los mayores rendimientos en esta localidad (Anexo 5).

En Tisma; 8 de los genotipos evaluados resultaron altamente resistentes; 7 de ellos resultaron moderadamente resistentes, 2 moderadamente susceptibles, 2 susceptible y 1 altamente susceptible (Anexo 5).

En Ranchería; 8 de las líneas evaluadas resultaron altamente resistentes; 7 moderadamente resistentes, 3 moderadamente susceptibles y 2 susceptibles (Anexo 5).

En Tisma y Ranchería, hubo mayor número de líneas altamente resistentes y moderadamente resistentes, solo 1 línea resultó altamente susceptible en la localidad Tisma (Anexo 5).

Las líneas que reaccionaron altamente resistentes en la localidad de Tisma fueron 92BD1982-4, 00CA4654, B,LD6(w+y), 02CA5053, B8PR1059, 96GCPOB172, MB108B y 98BRON122 y en la localidad Ranchería fueron las siguientes líneas: 92BD1982-4, 00CA4654, B,LD6(w+y), 02CA5053, LG70, B8PR1059, 96GCPOB172, 98BRON122.

4.1.2. Tasa de incremento de la enfermedad de las líneas de sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega

La tasa de incremento de la enfermedad “r” son los cambios de “y” (cantidad de enfermedad) en función de “t” (tiempo), es decir, que tanto aumenta o disminuye la enfermedad de una unidad de tiempo a otra. El valor “r” de este parámetro puede compararse con la pendiente de una ecuación de regresión (Van der Plank, 1963, 1968; citado por Cornide *et al.*, 1985).

Para el cálculo de la tasa de incremento, son necesarios dos tiempos; el primer tiempo se tomó cuando aparecieron los primeros síntomas de las enfermedades y el segundo tiempo se consideró la última evaluación realizada en cada una de las localidades. En la localidad CNIA-INTA algunas líneas mostraron los primeros síntomas a los 35 dds (etapa vegetativa) y la última evaluación se realizó a los 116 dds. En Tisma los primeros síntomas se observaron a los 70 dds y la segunda toma de datos se realizó a los 116 dds. En la localidad Ranchería los primeros síntomas se observaron a los 67 dds, y la segunda evaluación se realizó a los 107 dds.

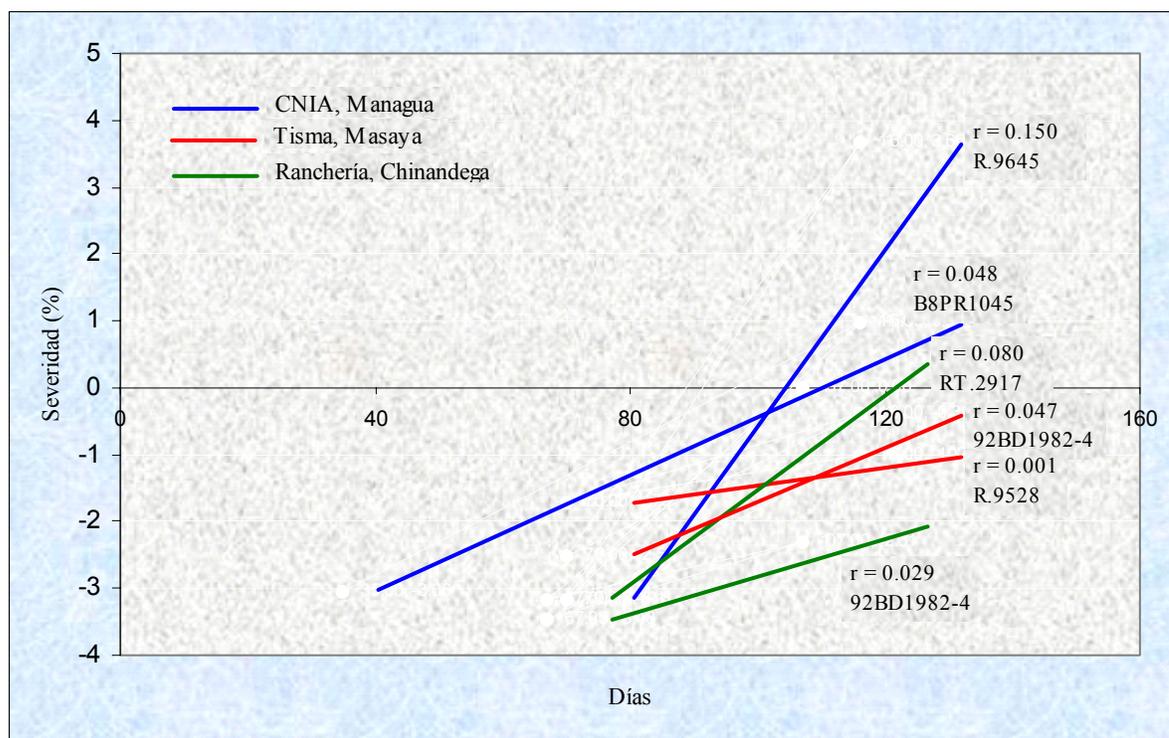


Figura 5. Tasa de incremento de la enfermedad en líneas de sorgo en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

Las tasas de incremento de la enfermedad en las líneas se presentan en el anexo 6. En la Figura 5, se muestran las tasas de incremento de la enfermedad en las líneas que resultaron con el menor y el mayor valor de “r” de cada localidad.

En la localidad CNIA-INTA; la línea R.9645 resultó con la mayor tasa de incremento ó pendiente de la enfermedad ($r=0.150$), con respecto al resto de las líneas en este estudio; este valor “r” se interpreta que la enfermedad ó epidemia, en esta línea aumentó en un 0.15/unidad-día, ó que esta aumentó a una velocidad de un 15 % durante 46 días. Para que una epidemia ocurra a está velocidad significa o se interpreta que los patógenos asociados a las enfermedades foliares, son virulentos, que la variedad es susceptible y que las condiciones ambientales son favorables a la infección.

En esta misma localidad, en la línea B8PR1045 con un ($r=0.048$); representa la menor tasa incremento de las enfermedades. La epidemia avanzó en un 0.048 /unidad-día; ó a una velocidad de 5 % en 81 días. Epidemiológicamente hubo una menor acumulación de inóculo, ya que la epidemia duró más tiempo debido a que inició a los 35 dds; sin embargo su tasa o pendiente fue menor y el avance de la epidemia fue lento en comparación con la línea R.9645 (Figura 5).

Las tasas de incremento de la enfermedad en las líneas evaluadas en la localidad de Ranchería, muestran que aunque las epidemias iniciaron en ambas líneas a los 67 dds, en la línea RT.2917, la epidemia avanzó rápido por su pendiente o valor calculado de $r=0.080$ que se muestra en la curva lineal y que al compararse con la línea 92BD1982-4 resultó con una menor tasa de incremento ó velocidad de la epidemia con valor de “r”= 0.029 (Figura 5).

En el presente estudio la menor tasa de incremento de la enfermedad ($r=0.001$) la mostró la línea R.9528 en la localidad Tisma.

El cálculo de “r” es utilizado por fitomejoradores como herramienta para la selección de genotipos que muestran una “r” baja Van der Plank, (1963, 1968); citado por Cornide *et al.*, (1985), señala que cualquier reducción del inóculo inicial conduce inevitablemente a la reducción de la intensidad de la infección.

4.1.3. Variables agronómicas

4.1.3.1. Altura de planta

El sorgo es generalmente una planta con un solo tallo, pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad, la población de plantas y el ambiente. La altura varía de 0.45 metros a más de 4 m y depende el número de nudos que es igual al número de hojas producidas y es una función del periodo hasta la madurez de la planta. La altura también depende de las longitudes del entrenudo, el pedúnculo y la panícula, y todos estos factores están bajo control genético separado (Doggett, 1988).

En la localidad CNIA-INTA, la línea B.9712 (99cm) manifestó una menor altura de planta; sin embargo, el grupo formado por los genotipos MB108B (156 cm), B8PR1045 (153 cm) y Sureño (197 cm) obtuvieron la mayor expresión de este carácter (Anexo 7).

En Tisma, la línea B.9955 (100 cm) manifestó una menor altura de planta y los genotipos MB108B (153 cm) y Sureño (202 cm) obtuvieron la mayor expresión de este carácter (Anexo 8).

En Ranchería, las líneas B.9712 (98 cm) y B.9955 (82cm) presentaron una menor altura de planta, mientras que; los genotipos B8PR1045 (150 cm) y Sureño (200 cm) tuvieron la mayor altura (Anexo 9).

La línea sureño fue la que expresó la mayor altura en las tres localidades, esta característica de la planta hace que se dificulte la cosecha, pero es deseable para cultivarlo como sorgo para forraje, por su altura tiene mayor cantidad de biomasa comparada con una línea de menor altura.

4.1.3.2. Ejercicio de panoja

Este carácter es de importancia para realizar cosechas mecanizadas y manual del sorgo (Doggett 1988). En la localidad CNIA-INTA, se encontró que el grupo formado por las líneas B,LD6(w+y), 02CA5053, B8PR1059 y 96GCPOB172 (0cm) tuvieron los menores valores de ejercicio de panoja, lo que se considera negativo por la dificultad de realizar las labores de cosecha (Doggett 1988). No obstante, los genotipos R.9528 (16cm) y RT.2917 (15 cm) manifestaron los mayores valores (Anexo 7).

En la localidad Tisma; se encontró que el grupo formado por las líneas LG70, 96GCPOB172, MB108B, B8PR1045, R.9645, B.9712, R.9529 y Sureño (0 cm) tuvieron los menores valores de ejercicio de panoja y los genotipos R.9528 (13 cm) y RT.2917 (14 cm) tuvieron los mayores valores (Anexo 8).

En Ranchería; se encontró que el grupo formado por las líneas LG70, B8PR1059, 96GCPOB124, 96GCPOB172, MB108B, B8PR1045 y B.9712 (0 cm) tuvieron los menores valores de ejercicio de panoja. No obstante, la mayor expresión de este carácter la manifestaron los genotipos 92BD1982-4 (13 cm), B, LD6 (w+y) (25 cm), 98BRON122 (12 cm), R.9645 (13 cm) y B.9955 (15 cm) (Anexo 9).

Una buena ejercicio permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera y entonces se reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior del la panícula. La longitud del pedúnculo o ejercicio, está controlada genéticamente; pero los factores ambientales como la deficiencia de agua, pueden ejercer efectos pronunciados (Compton, 1990). Así mismo, es considerada de mucha importancia en la recolección mecanizada, si se tienen variedades con poca ejercicio, al cosecharse ocasiona una mayor cantidad de materia extraña (inerte), ocasionando baja en calidad del grano (Somarriba, 1997).

4.1.3.3. Longitud de panoja

La panoja del sorgo, puede ser corta y compacta o suelta y abierta; de 4 a 25 cm o más de longitud y de 2 a 20 cm o más de ancho. La panícula usualmente crece erecta en el ápice del tallo, pero puede ser encorvada (House, 1982). En la localidad CNIA-INTA se encontró que las líneas B,LD6(w+y), LG70, 98BRON122, RT.2917 (36 cm) y B8PR1059 96GCPOB124 (38 cm), tuvieron la mayor longitud de panoja, carácter deseable en una variedad de sorgo. Las más bajas expresiones de longitud de panoja fueron obtenidas por los genotipos B8PR1045 (27 cm), R.9528 (28 cm), R.9645 (27 cm), B.9701 (28 cm), B.9712 (24 cm) y B.9955 (26 cm) (Anexo 7).

En Tisma, se encontró que el grupo formado por las líneas MB108B (40 cm), 98BRON122 (36 cm) y R.9529, LG70, 96GCPOB124 (37 cm), tuvieron la mayor longitud de panoja. Las más bajas expresiones de longitud de panoja fueron obtenidas por los genotipos 92BD1982-4 (28 cm), 02CA5053 (27 cm), 96GCPOB172 (29 cm), B.9701 (29 cm), B.9712 (27 cm), B.9955 (24 cm) y sureño (28 cm) (Anexo 8).

No obstante, en la localidad Ranchería; se encontró que las líneas B, LD6 (w+y) (32 cm), 96GCPOB124 (33 cm) y MB108B (35 cm) tuvieron la mayor longitud de panoja; mientras que las líneas R.9645 (21 cm), B.9955 (19 cm) y Sureño (22 cm) obtuvieron las más bajas expresiones de longitud de panoja (Anexo 9).

4.2. Análisis estadístico

4.2.1. Severidad de enfermedades foliares

4.2.1.1. Comparación de valores medios para la severidad de las enfermedades foliares del sorgo por localidad

Según el ANDEVA, de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) la comparación de valores medios para la severidad de las enfermedades en las líneas de sorgo; en la localidad Ranchería la DMS es 74.647 resultó no significativo, ya que la intensidad de las enfermedades no difieren en las evaluaciones. Sin embargo, en las localidades CNIA-INTA y Tisma, hubo significancia en las fechas evaluadas con valores en la DMS de 50.188 y 23.824 respectivamente (Tabla 2).

Los resultados indican que existen diferencias estadísticas en las líneas para las tres localidades (Tabla 2).

El análisis correspondiente muestra que las líneas evaluadas en Ranchería, presentaron los menores valores de severidad de enfermedades (7-31 %). Los valores intermedios (15-39 %) los obtuvieron las líneas evaluadas en Tisma y los más altos porcentajes de severidad (39-58 %) las líneas evaluadas en el CNIA-INTA (Tabla 2).

En la localidad CNIA-INTA; la separación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) divide las líneas en tres categorías estadísticas. La línea 02CA5053 con bajo valor de severidad (38.75 %) y la B.9955 con 57.50 % siendo el valor medio más alto, la otra categoría esta conformada por 18 líneas que obtienen valores intermedios de severidad (Tabla 2).

La tabla 2, muestra que en Tisma; 10 de los genotipos no se diferencian estadísticamente entre ellos y muestran los menores porcentajes de severidad con valores entre 15 y 20 % en las líneas: B8PR1045, 96GCPOB172, B8PR1059, LG70, B,HE14, B,LD6(w+y), 92BD1982-4, 00CA4654, MB108B y sureño. La línea con mayor severidad fué la R.9529 (38.75 %).

Los resultados obtenidos muestran que en Ranchería, los valores medios para la severidad de las enfermedades fueron los más bajos; con respecto a las otras localidades, las líneas 92BD1982-4 y 98BRON122 mostraron un porcentaje de 7 %, representando el menor valor de la intensidad de las enfermedades de las líneas en esta localidad. La línea B.9955 obtuvo valor medio de 31.25 el cual es el más alto. El grupo de las líneas B, LD6 (w+y); B8PR1045; 96GCPOB172; 02CA5053; MB108B no difieren estadísticamente entre ellas y sus valores oscilan entre 11.50 y 12.75 que representan baja severidad (Tabla 2).

Según Aguilar, C. y Barrera, A. 2001 así como Gavarrete G. y Zeledón J. 2001; encontraron diferente comportamiento en 19 líneas de sorgo evaluadas en la localidad CNIA-INTA; con respecto a las del presente estudio. Las líneas tuvieron diferente comportamiento en los dos años (2001 y 2003), debido a las diferencias en las condiciones ambientales, manejo agronómico y concentración de inóculo que se presenta año con año. Cinco de las líneas evaluadas en 2001 coinciden con las líneas evaluadas en nuestro estudio. De ellas, tres de las líneas analizadas obtuvieron mayor severidad con respecto a las líneas que se evaluaron en el año 2003 en relación al 2001, en cambio 2 de las líneas evaluadas en el 2003 presentaron menor severidad que las analizadas en 2001 (Anexo 10).

Tabla 2. Comparación de valores medios para la severidad de las enfermedades foliares de 20 líneas de sorgo por localidad.

Factor	Nivel	CNIA, Managua	Tisma, Masaya	Ranchería, Chinandega
Fecha	100 dds	86.63 a	36.00 a	26.40 a
	56 dds	9.08 b	10.37 b	3.43 a
	DMS	50.188	23.824	74.647
	Pr	0.0324	0.0465	0.1594
Líneas	B.9955	57.50 a	27.50 a.d	31.25 a
	RT.2917	53.75 ab	36.25 a.c	27.00 ab
	B.9712	47.50 ab	37.50 ab	21.25 bc
	R.9529	51.25 ab	38.75 a	20.00 b.d
	B,HE14	46.25 ab	18.75 d	18.75 c.e
	B.9701	55.00 ab	23.75 b.d	17.50 c.f
	Sureño	44.50 ab	15.00 d	17.25 c.g
	R.9528	47.00 ab	26.25 a.d	15.25 c.h
	96GCPOB124	48.75 ab	22.50 cd	14.00 d.i
	B,LD6(w+y)	45.00 ab	18.75 d	12.75 e.i
	B8PR1045	46.25 ab	20.00 d	12.50 e.i
	96GCPOB172	47.00 ab	20.00 d	12.25 e.i
	02CA5053	38.75 b	22.50 cd	11.75 e.i
	MB108B	47.50 ab	15.00 d	11.75 e.i
	B8PR1059	46.25 ab	20.00 d	11.50 f.i
	LG70	48.75 ab	20.00 d	10.25 g.i
	R.9645	50.75 ab	22.50 cd	10.25 g.i
	00CA4654	47.50 ab	17.50 d	9.00 h.i
	92BD1982-4	45.00 ab	18.75 d	7.00 i
	98BRON122	42.75 ab	22.50 cd	7.00 i
	DMS		16.782	14.767
R²		0.988	0.942	0.985
CV		13.047	23.692	17.627
Pr		0.0495	0.0001	0.0001

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

4.2.1.2. Comportamiento de las enfermedades foliares en las líneas de sorgo por localidad y fecha

En este estudio los resultados señalan que a los 56 días después de la siembra la intensidad de las enfermedades no difiere estadísticamente entre las líneas en las localidades CNIA-INTA y Tisma; ya que la separación de medias, según Tukey con $\alpha=5\%$ indica que el conjunto de tratamientos comparados entre sí, están constituidos por una sola categoría estadística (Tabla 3).

El análisis realizado mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo las líneas evaluadas en la localidad Ranchería; formaron 3 categorías estadísticas. Una categoría con menor severidad formada por 13 líneas con valores que oscilan entre 1 y 3 %; otra categoría formada por seis líneas obtuvieron valores medios entre 4 y 5; la tercera categoría formada por la línea B.9955 con un valor medio de 7.5 (Tabla 3).

Los resultados de este trabajo muestran que en la segunda evaluación, a los 100 dds los valores medios de severidad de las enfermedades foliares mostraron deferencia significativa entre las líneas en estudio en las tres localidades (Tabla 3). Las líneas en etapa reproductiva mostraron su mejor expresión sintomatológica de tejido afectado y su reacción de la resistencia o susceptibilidad a las enfermedades; además, la reproducción de los patógenos asociados a las enfermedades foliares permitió la diseminación de estos entre las líneas.

Los resultados muestran que en la localidad CNIA-INTA, el valor de 72.5 para las líneas 02CA5053 y B8PR1045 representa la menor severidad de las enfermedades en la segunda evaluación. Los mayores cambios de la intensidad de las enfermedades con valor de 97.50 resultó en las líneas B.9955, RT.2917 y R.9645, el resto de líneas conforman una categoría estadística con valores intermedios de severidad que oscilan entre 80 y 95 (Tabla 3).

En la localidad Tisma, las líneas LG70, 92BD1982-4, B,LD6(w+y), 96GCPOB172, B,HE14, 00CA4654, MB108B y sureño los valores medios oscilan entre 22.5 y 30 representan la menor severidad de las enfermedades. La línea R.9529 alcanzó un valor de 62.5 que representa la mayor intensidad de las enfermedades en esta localidad (Tabla 3).

En Ranchería el valor medio de severidad 11; para las líneas 92BD1982-4 y 98BRON122 representa la menor severidad de las enfermedades. La mayor intensidad de las enfermedades se expresó en la línea B.9955 con valor de 55 (Tabla 3).

La línea 92BD1982-4 presentó menor severidad de las enfermedades foliares en Tisma y Ranchería, se comportó como altamente resistente a las enfermedades foliares. Es importante señalar que la línea B.9955 en las localidades CNIA-INTA y Ranchería tuvo igual comportamiento, con mayor intensidad de las enfermedades foliares, y se comportó como altamente susceptible en el CNIA-INTA y susceptible en Ranchería.

Tabla 3. Comparación de valores medios para severidad de enfermedades foliares en 20 líneas de sorgo por localidad y por fecha.

	CNIA, Managua		Tisma, Masaya		Ranchería, Chinandega	
	56 dds	100 dds	56 dds	100 dds	56 dds	100 dds
Líneas						
B.9955	17.50 a	97.50 a	15.00 a	40.00 a.c	7.50 a	55.00 a
R.9529	7.50 a	95.00 ab	15.00 a	62.50 a	5.00 ab	35.00 cd
B.9701	17.50 a	92.50 ab	12.50 a	35.00 a.c	5.00 ab	30.00 c.f
	20.00 a	72.50 b				
B8PR1045			7.50 a	32.50 bc	5.00 ab	20.00 c.h
B.9712	7.50 a	87.50 ab	15.00 a	60.00 ab	5.00 ab	37.50 bc
B,HE14	7.50 a	85.00 ab	10.00 a	27.50 c	4.00 ab	33.50 c.e
RT.2917	10.00 a	97.50 a	12.50 a	60.00 ab	4.00 ab	50.00 ab
LG70	12.50 a	85.00 ab	10.00 a	30.00 c	3.00 b	17.50 f.h
R.9528	9.00 a	85.00 ab	15.00 a	37.50 a.c	3.00 b	27.50 c.g
00CA4654	10.00 a	85.00 ab	7.50 a	27.50 c	3.00 b	15.00 g.h
92BD1982-4	10.0 a	80.00 ab	7.50 a	30.00 c	3.00 b	11.00 h
B,LD6(w+y)	7.50 a	82.50 ab	7.50 a	30.00 c	3.00 b	22.50 d.h
B8PR1059	10.00 a	82.50 ab	7.50 a	32.50 bc	3.00 b	20.00 e.h
R.9645	4.00 a	97.50 a	10.00 a	35.00 a.c	3.00 b	17.50 f.h
98BRON122	3.00 a	82.50 ab	12.50 a	32.50 bc	3.00 b	11.00 h
96GCPOB124	10.00 a	87.50 ab	10.00 a	35.00 a.c	3.00 b	25.00 c.h
96GCPOB172	4.00 a	90.00 ab	10.00 a	30.00 c	2.00 b	22.50 dh
Sureño	4.00 a	85.00 ab	7.50 a	22.50 c	2.00 b	32.50 c.e
02CA5053	5.00 a	72.50 b	10.00 a	35.00 a.c	1.00 b	22.50 d.h
MB108B	5.00 a	90.00 ab	5.00 a	25.00 c	1.00 b	22.50 d.h
DMS	27.192	23.455	14.661	27.992	4.222	14.518
R²	0.561	0.767	0.601	0.853	0.813	0.964
CV	73.671	6.657	34.743	19.117	30.309	13.521
Pr	0.480	0.0083	0.2146	0.0002	0.0012	0.0001

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

dds = días después de la siembra

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

4.2.2. Severidad de mohos en panoja

4.2.2.1. Comportamiento de valores medios para severidad de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo por localidad

Los géneros de hongos asociados a mohos de la panoja que afectaron las líneas en estudio fueron: *Fusarium* spp., *Curvularia lunata* (Wakk) Boedijn y *Aspergillus flavus* (Link).

Los resultados del presente estudio (Tabla 4) y (Figura 6), muestran que existen diferencias estadísticas para mohos de la panoja en las líneas para las tres localidades.

De acuerdo al análisis, se encontró que las líneas evaluadas en Tisma presentaron los menores porcentajes de severidad de mohos en panoja (0-5 %). Los valores intermedios (0-60 %) los obtuvieron las líneas evaluadas en Ranchería y los más altos porcentajes (0-80 %) las líneas evaluadas en el CNIA-INTA (Tabla 4) y (Figura 6). Comparando la severidad de mohos de la panoja por localidad, la mejor zona fue Tisma estadísticamente con valor medio de 0.5000. La severidad en CNIA-INTA fue la más alta (40.500) y Ranchería obtiene valores intermedios (23.000) (Tabla 5).

En la localidad CNIA-INTA, la separación de medias según Tukey ($\alpha = 5\%$) permite agrupar los tratamientos en siete categorías estadísticamente diferentes. Ocupando el primer lugar las líneas B8PR1045 y Sureño que no fueron afectadas por mohos de la panoja, en segundo lugar se encuentran los tratamientos B.9955 y R.9529 mostraron bajo porcentaje de severidad de 10 y 5 respectivamente y las líneas B,HE14 y B8PR1059 con 80 %, siendo el valor promedio más alto de severidad de mohos de la panoja en esta localidad (Tabla 4).

En Tisma; la separación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) divide las líneas en dos categorías estadísticas, donde dos líneas presentaron mohos en la panoja (B.9701 y B.9712), con un 5 % de severidad y el resto de las líneas no fueron afectadas (Tabla 4).

En Ranchería, la línea sureño; al igual que en CNIA-INTA y Tisma; no fue afectada por mohos de la panoja, las líneas MB108B, R.9529 y B8PR1045 mostraron un valor promedio de 10 %, representando el menor valor de la intensidad de los mohos en la panoja. La línea 00CA4654 obtuvo valor de severidad de 60 %, el cual es el más alto para esta localidad (Tabla 4).

En CNIA-INTA se produjo un mayor ataque de mohos en la panoja en comparación a los registrados en Tisma y Ranchería debido a la alta humedad relativa a causa del uso de riego en el manejo del cultivo.

Las condiciones climáticas favorecieron la severidad de los mohos de la panoja. En los meses de septiembre y octubre se registran las mayores precipitaciones en las tres localidades evaluadas. Según Williams *et al.*, (1978), si llueve frecuentemente en la época de floración y cuando se forman los granos, puede ser que ocurran muchos tipos de hongos en el grano. Compton, (1990), señala que el sorgo a los 50 dds inicia a emerger la inflorescencia, a los 60 dds se da la antesis o floración, a los 70 dds el sorgo esta en etapa lechosa y a los 80 dds se da el desarrollo de masa, todas estas etapas de crecimiento del sorgo están comprendidas en los meses antes señalados, donde se presentaron las mayores precipitaciones.

En la localidad de Tisma el ensayo tenía una cortina de gandul al norte del ensayo que lo separaba de las otras parcelas de sorgo, esto probablemente obstaculizó la diseminación de esporas de hongos a través del viento. Arauz, (1998), señala que en la naturaleza los hongos fitopatógenos se diseminan por viento, lluvia, agua del suelo, semillas y vectores. Además el hombre puede dispersarlos de muy diversas maneras, transportando suelo, material vegetal u otro material contaminado.

Es importante señalar la resistencia de la línea sureño a mohos de la panoja, ya que no fue afectada en ninguna de las localidades evaluadas.

Tabla 4. Comparación de valores medios para la afectación de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo por localidad.

	CNIA, Managua	Tisma, Masaya	Ranchería, Chinandega
Líneas			
B.9955	10.00 cd	0.00 b	30.00 bc
R.9529	5.00 cd	0.00 b	10.00 cd
B.9701	50.00 a.c 0.00 d	5.00 a	20.00 b.d
B8PR1045		0.00 b	10.00 cd
B.9712	25.00 b.d	5.00 a	25.00 b.d
B,HE14	80.00 a	0.00 b	40.00 ab
RT.2917	25.00 b.d	0.00 b	30.00 bc
LG70	60.00 ab	0.00 b	15.00 b.d
R.9528	60.00 ab	0.00 b	25.00 b.d
00CA4654	15.00 b.d	0.00 b	60.00 a
92BD1982-4	40.00 a.d	0.00 b	40.00 ab
B,LD6(w+y)	50.00 a.c	0.00 b	30.00 bc
B8PR1059	80.00 a	0.00 b	20.00 b.d
R.9645	40.00 a.d	0.00 b	15.00 b.d
98BRON122	60.00 ab	0.00 b	15.00 b.d
96GCPOB124	40.00 a.d	0.00 b	15.00 b.d
96GCPOB172	60.00 ab	0.00 b	25.00 b.d
sureño	0.00 d	0.00 b	0.00 d
02CA5053	60.00 ab	0.00 b	25.00 b.d
MB108B	50.00 a.c	0.00 b	10.00 cd
DMS	48.945	4.5553	27.999
R²	0.696	0.526	0.668
CV	57.739	435.286	58.161
Pr	0.0394	0.0500	0.0500

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

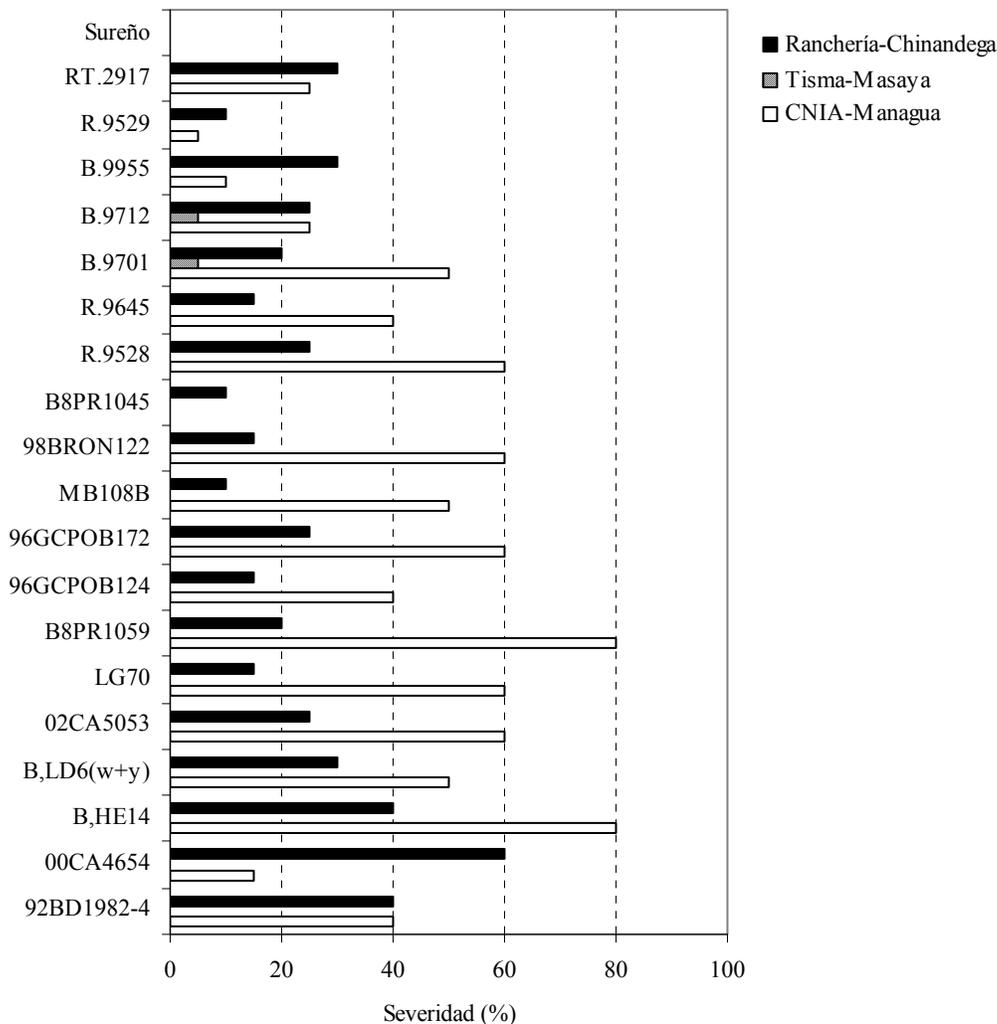


Figura 6. Severidad promedio de mohos en panoja en sorgo en; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

4.2.2.2. Comparación de valores medios para afectación de mohos en panoja en 20 líneas de sorgo, entre líneas

En este estudio se encontró diferencia significativa en las líneas. La separación de medias por tukey ($\alpha = 0.05$) mostró que la línea sureño no fue afectada por mohos de la panoja. La línea B8PR1045 es la que expresó la menor severidad de mohos de la panoja con un valor medio de 3.33 y la línea con mayor severidad es la B,HE14 que obtuvo un valor medio de 40 (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de valores medios para la afectación de mohos de la panoja en 20 líneas de sorgo entre líneas.

Factor	Nivel	
Localidad	CNIA, Managua	40.500 a
	<i>Tisma, Masaya</i>	0.500 c
	Ranchería, Chinandega	23.00 b
	DMS	4.555
	Pr	0.0001
Líneas	B.9955	13.33 c.f
	RT.2917	18.33 b.e
	B.9712	18.33 b.e
	R.9529	5.00 d.f
	B,HE14	40.00 a
	B.9701	25.00 a.c
	sureño	0.00 f
	R.9528	28.33 a.c
	96GCPOB124	18.33 b.e
	B,LD6(w+y)	26.67 a.c
	B8PR1045	3.33 e.f
	96GCPOB172	28.33 a.c
	02CA5053	28.33 a.c
	MB108B	20.00 b.d
	B8PR1059	33.33 ab
	LG70	25.00 a.c
	R.9645	18.33 b.e
	00CA4654	25.00 a.c
	92BD1982-4	26.67 a.c
	98BRON122	25.00 a.c
DMS	15.845	
R²	0.861	
CV	76.427	
Pr	0.0046	

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\infty = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\infty = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

4.2.3. Rendimiento de 20 líneas de sorgo evaluadas en; CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

El rendimiento del grano es el resultado de varios factores biológicos y ambientales que se correlacionan entre sí, para luego expresar en producción por hectáreas (Compton, 1985).

Los mayores rendimientos fueron obtenidos por la línea Sureño con 9 037.31, 5 296.57 y 3 566.18 kg ha⁻¹ en CNIA-INTA, Tisma y Ranchería; respectivamente; y los menores rendimientos se obtuvieron en la línea B, LD6 (w+y) en CNIA-INTA con 1 184 kg ha⁻¹, el genotipo B.9955 en Tisma con 870.53 kg ha⁻¹ y en Ranchería la línea 98BRON122 con 1 352.55 kg ha⁻¹ (Figura 6 y Tabla 7).

Investigaciones realizadas en El Salvador reportan que las líneas MB108B, 96CD635, 96GCPDB172, D2CA4624, sureño, BTx635, Tegemeo, 86EON361, GR108-90M-24, 90EON328 y 99GWO92 fueron las mejores por su tolerancia a enfermedades y plagas; tamaño de panoja, aspecto de la planta, color y tamaño del grano y rendimiento (Guzmán *et al.*, 2004). Los resultados de El Salvador, concuerdan con los encontrados en esta investigación, únicamente en las líneas sureño y MB108B que están entre las de mayor rendimiento en este estudio (Tabla 6).

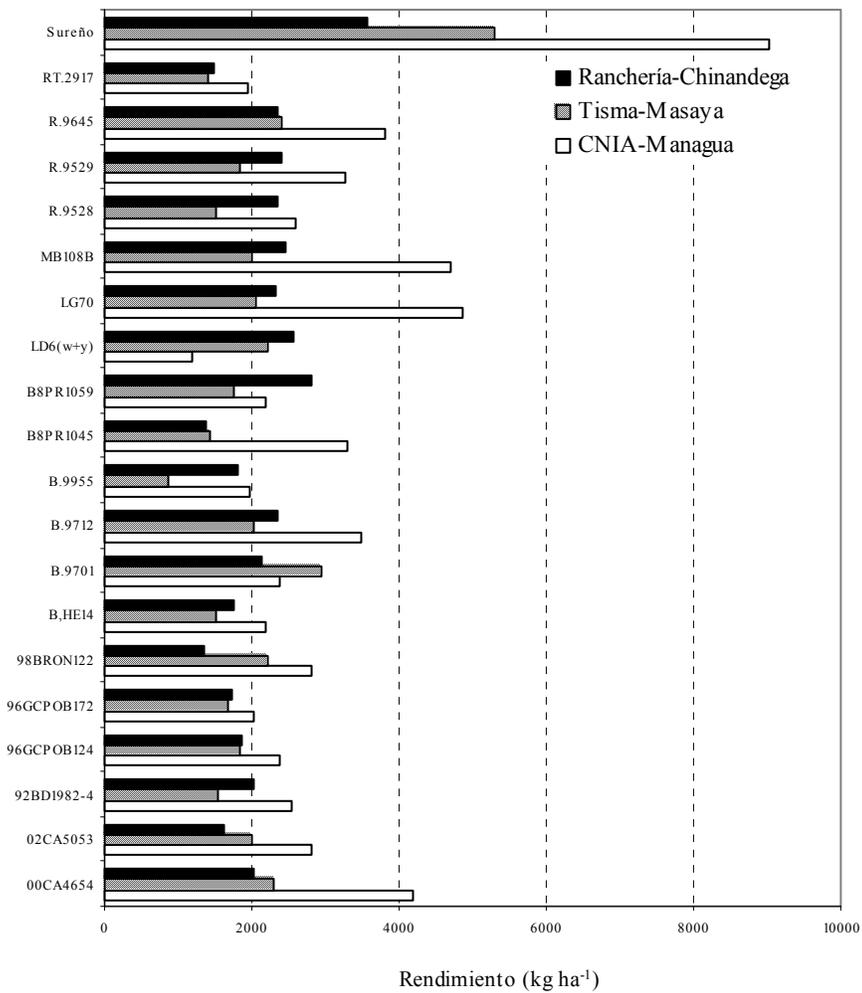


Figura 7. Rendimiento de 20 líneas de sorgo en CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

4.2.3.1. Comparación de valores medios para el rendimiento de 20 líneas de sorgo entre líneas

En este estudio se encontró efecto significativo para el rendimiento en las líneas evaluadas en las tres localidades.

Las líneas que obtuvieron los más altos rendimientos fueron las cosechadas en CNIA-INTA Tabla 6. El riego aplicado al experimento, se considera favoreció los altos rendimientos en estas líneas. Otro aspecto importante, que influyó en obtener mayores rendimientos en CNIA-INTA, fue el buen manejo agronómico del ensayo, ya que este es un centro experimental, y el ensayo fue manejado apropiadamente, a diferencia de los ensayos sembrados en las otras localidades, que fueron manejadas por los agricultores utilizando sus prácticas tradicionales.

El número de plantas cosechadas, influyó en los rendimientos obtenidos. En cada línea y en cada localidad, difiere para las tres localidades evaluadas, por ejemplo en la línea sureño se cosecharon 20, 26 y 44 plantas con rendimientos de 3 566.18, 5 296.57 y 9 037.31 kg ha⁻¹ en las localidades Ranchería, Tisma y CNIA-INTA, respectivamente Anexos 7, 8 y 9.

El análisis mostró diferencias estadísticas en cuanto a rendimiento de las líneas, sobresaliendo la línea sureño que presentó el mayor rendimiento con un valor medio de 5 966.7. La línea con menor rendimiento fue B.9955 que obtuvo un valor medio de 1 549.6 en la separación de medias (Tabla 6).

Según, Frederiksen y Odvody, (2000); los rendimientos en África son de 904 kg ha⁻¹, en Asia son de 1 276 kg ha⁻¹; la producción en estos continentes es de supervivencia. En los Estados Unidos los rendimientos son de 4 387 kg ha⁻¹. En los Estados Unidos la siembra es con híbridos con alto potencial de rendimiento y el manejo es altamente tecnificado. Al relacionar los rendimientos y el manejo de las líneas evaluadas en este estudio con estos rendimientos mundiales se observa que oscilan alrededor de estos valores.

Tabla 6. Comparación de valores medios para el rendimiento de 20 líneas de sorgo entre líneas.

Factor	Nivel	
Localidad	CNIA, Managua	3 184.39 a
	Tisma, Masaya	2 042.27 b
	Ranchería, Chinandega	2 120.13 b
	DMS	576.33
	Pr	0.0116
Líneas	B.9955	1 549.6 c
	RT.2917	1 605.9 bc
	B.9712	2 622.7 bc
	R.9529	2 497.5 bc
	B,HE14	1 817.9 bc
	B.9701	2 487.7 bc
	sureño	5 966.7 a
	R.9528	2 155.5 bc
	96GCPOB124	2 030.1 bc
	B,LD6(w+y)	1 989.8 bc
	B8PR1045	2 034.1 bc
	96GCPOB172	1 815.0 bc
	02CA5053	2 147.6 bc
	MB108B	3 051.6 bc
	B8PR1059	2 247.0 bc
	LG70	3 083.8 b
	R.9645	2 859.0 bc
	00CA4654	2 842.6 bc
	92BD1982-4	2 041.3 bc
	98BRON122	2 133.1 bc
DMS	1 531.8	
R²	0.862	
CV	29.165	
Pr	0.0001	

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\infty = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\infty = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

4.2.3.1. Comportamiento del rendimiento del sorgo por localidad

La separación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$) divide las líneas de igual forma en las localidades (CNIA-INTA y Tisma); en dos categorías siendo la línea sureño en ambas localidades la que obtuvo el mayor valor medio de rendimiento con 9 037.3 y 5 296.6 kg ha⁻¹ en el CNIA-INTA y Tisma respectivamente (Tabla 7).

La otra categoría estadística se conforma por 19 líneas con los menores rendimientos que oscilan entre 1 184 y 4 866.5 en CNIA-INTA, 870.5 y 2 948.9 en Tisma (Tabla 7).

En la tabla 7, se aprecia que el rendimiento de las líneas de sorgo no resultó significativo en la localidad Ranchería, aunque si existen diferencias numéricas entre los rendimientos.

La línea sureño resultó con los mejores rendimientos en las tres localidades, además no fue afectada en ninguna localidad por mohos de la panoja, y el ataque de enfermedades foliares fue altamente susceptible en CNIA-INTA, moderadamente resistente en Tisma y moderadamente susceptible en Ranchería.

Tabla 7. Comparación de valores medios para el rendimiento de 20 líneas de sorgo por localidad.

	CNIA, Managua	Tisma, Masaya	Ranchería, Chinandega
Líneas			
B.9955	1 970.1 b	870.5 b	1 808.3 a
R.9529	3 260.5 b	1 840.1 b	2 392.1 a
B.9701	2 382.6 b 3 287.1 b	2 948.9 b	2 131.7 a
B8PR1045		1 445.9 b	1 369.3 a
B.9712	3 478.3 b	2 028.0 b	2 361.7 a
B,HE14	2 176.5 b	1 510.9 b	1 766.4 a
RT.2917	1 933.6 b	1 398.3 b	1 485.8 a
LG70	4 866.5 b	2 058.2 b	2 326.6 a
R.9528	2 592.6 b	1 512.9 b	2 361.0 a
00CA4654	4 195.5 b	2 292.7 b	2 039.7 a
92BD1982-4	2 553.7 b	1 553.6 b	2 016.6 a
B,LD6(w+y)	1 184.0 b	2 215.0 b	2 570.3 a
B8PR1059	2 187.0 b	1 751.7 b	2 802.3 a
R.9645	3 821.9 b	2 395.4 b	2 359.6 a
98BRON122	2 820.0 b	2 226.8 b	1 352.5 a
96GCPOB124	2 386.8 b	1 838.4 b	1 864.9 a
96GCPOB172	2 040.0 b	1 666.8 b	1 738.3 a
sureño	9 037.3 a	5 296.6 a	3 566.2 a
02CA5053	2 800.7 b	2 007.6 b	1 634.5 a
MB108B	4 713.2 b	1 987.2 b	2 454.6 a
DMS	3 714.8	2 291.6	2 502.7
R²	0.871	0.832	0.619
CV	28.682	27.589	29.024
Pr	0.0001	0.0005	0.1916

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

DMS = Es la diferencia mínima significativa de Tukey

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha = 0.05$), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

4.2.4. Análisis de correlación de Pearson

El análisis de correlación de Pearson muestra la correlación entre las variables y el grado de asocio entre las mismas, lo que ayuda a hacer una mejor interpretación de los datos sobre la relación de estas variables (Aguilar y Barrera, 2001).

El Análisis de Correlación, (Tabla 8); muestra que las variables severidad de las enfermedades foliares y rendimiento para las tres localidades evaluadas no presentan diferencias estadísticas, lo cual indica que a medida que se incrementó la severidad de las enfermedades, el rendimiento no fué afectado a los 56 dds. La severidad de las enfermedades foliares no afectó el rendimiento en este estudio. Una de las causas es que en la primera evaluación en etapa vegetativa las enfermedades no se presentaron en la mayoría de las líneas.

Tabla 8. Análisis de correlación de Pearson y significancia estadística ($Pr > F$) al 95 % de confiabilidad en la severidad de las enfermedades foliares y el rendimiento en 20 líneas de sorgo en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003.

	Severidad de las enfermedades foliares a los 56 dds	Severidad de las enfermedades foliares a los 100 dds
Severidad de las enfermedades foliares a los 100 dds	0.313 0.001	
Rendimiento	-0.058 0.531	0.310 0.001

El número superior representa el coeficiente de correlación y el inferior Pr

Si $Pr \leq 0.05$ Existen diferencias estadísticas

Si $Pr \geq 0.05$ No existen significancia estadística.

dds = días después de la siembra

4.2.5. Análisis del comportamiento predictivo

4.2.5.1. Análisis del comportamiento predictivo en las localidades

Al efectuar el análisis para determinar el comportamiento predictivo de las diferentes localidades evaluadas se obtuvieron las siguientes ecuaciones presentadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Ecuaciones de predicción del comportamiento productivo de las localidades evaluadas.

Localidad	Ecuación	R^2	CV	Mínima-Máxima
CNIA, Managua	$Y_i = -982.46 + 1.718 e$	0.90	17.05	1 184.00 – 9 037.30
Tisma, Masaya	$Y_i = -60.62 + 0.841 e$	0.76	23.36	870.53 – 5 296.57
Ranchería, Chinandega	$Y_i = 1043.07 + 0.44028 e$	0.54	18.58	1 035.55 – 3 566.18

R^2 = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el $Pr \leq 0.05$ es significativo ($\alpha = 0.05$), de lo contrario no es significativo ($Pr \geq 0.05$)

Las ecuaciones anteriores se utilizaron para graficar el rendimiento estimado de cada localidad con respecto al comportamiento presentado por las mismas.

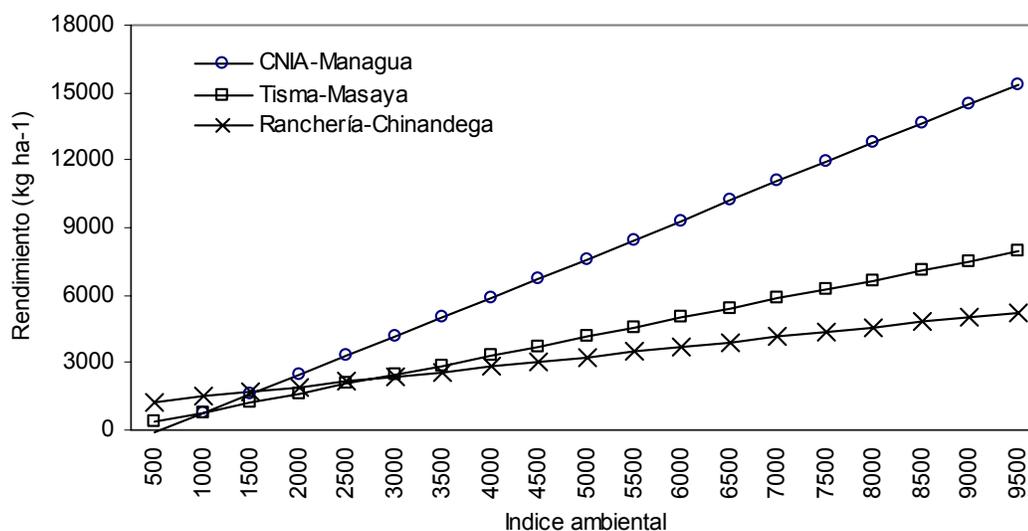


Figura 8. Comportamiento predictivo lineal de 20 líneas de sorgo en CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003

Al comparar la variación del rendimiento en las localidades con base a la pendiente de las ecuaciones mostraron que los rendimientos varían menos en las líneas cosechadas en la localidad Ranchería; en cambio los rendimientos de las líneas varían más en la localidad CNIA-INTA, por que la pendiente es mayor con valor de 1.718 (Figura 7).

4.2.5.2. Análisis del comportamiento predictivo de las líneas

Al efectuar el análisis para determinar el comportamiento predictivo de las diferentes líneas evaluadas se obtuvieron las siguientes ecuaciones presentadas en la Tabla 10.

Tabla 10. Ecuaciones de predicción del comportamiento productivo de las líneas evaluadas en las localidades.

Líneas	Ecuación		R ²	CV	Mínima-Máxima
92BD1982-4	$Y_i = 1245.492 + 0.258$	e	0.39	16.36	1 554 – 2 054
00CA4654	$Y_i = -1317.255 + 1.706$	e	0.96	11.43	2 040 – 4 196
B,HE14	$Y_i = 662.803 + 0.474$	e	0.91	7.74	1 511 – 2 177
B,LD6(w+y)	$Y_i = 4434.398 - 1.0025$	e	0.89	16.96	1 184 – 2 570
02CA5053	$Y_i = 180.111 + 0.807$	e	0.84	15.53	1 635 – 2 801
LG70	$Y_i = -3258.2072 + 2.532$	e	0.98	11.32	1 558 – 4 867
B8PR1059	$Y_i = 2265.962 - 0.00778$	e	0.90	33.20	1 752 – 2 802
96GCPOB124	$Y_i = 917.343 + 0.4563$	e	0.99	0.97	1 838 – 2 387
96GCPOB172	$Y_i = 1105.144 + 0.291$	e	0.99	1.41	1 667 – 2 040
MB108B	$Y_i = -2944.520 + 2.390$	e	0.96	16.76	1 487 – 4 713
98BRON122	$Y_i = -242.455 + 0.931$	e	0.48	45.60	1 036 – 2 820
B8PR1045	$Y_i = -1843.837 + 1.590$	e	0.98	9.35	1 369 – 3 287
R.9528	$Y_i = 662.779 + 0.612$	e	0.53	25.51	1 513 – 2 593
R.9645	$Y_i = -125.186 + 1.224$	e	0.99	4.52	2 360 – 3 822
B.9701	$Y_i = 2944.174 - 0.187$	e	0.90	22.67	2 132 – 2 949
B.9712	$Y_i = -849.833 + 1.356$	e	0.88	19.40	1 528 – 3 478
B.9955	$Y_i = 95.376 + 0.596$	e	0.46	39.65	871 – 1 970
R.9529	$Y_i = 39.836 + 1.008$	e	0.91	12.25	1 840 – 3 261
RT.2917	$Y_i = 573.657 + 0.423$	e	0.99	1.64	1 398 – 1 934
Sureño	$Y_i = -3289.763 + 3.796$	e	0.85	26.01	3 566 – 9 037

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

Si el Pr ≤ 0.05 es significativo (∞ = 0.05), de lo contrario no es significativo (Pr ≥ 0.05)

Todas las líneas presentaron un coeficiente de correlación con un buen ajuste, excepto las líneas 92BD1982-4, 98BRON122, R.9528 y B.9955 las cuales presentaron un coeficiente de determinación (R²) muy bajo (0.39, 0.48, 0.53 y 0.46), respectivamente. Según Maya, (1995), los valores de la pendiente nos brinda gran información con respecto a la variabilidad de los genotipos, debido a esto es posible afirmar que entre más próximo se encuentre los valores de la pendiente a cero los genotipos presentan una mayor estabilidad al variar las condiciones donde fueron evaluados.

La contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter, es un factor que requiere cuidadosa atención por parte del investigador dedicado al mejoramiento de plantas cultivadas. Cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor fenotípico, el efecto de la selección se reduce, y el progreso del mejoramiento resulta lento. Bajo estas circunstancias, individuos o poblaciones que exhiben características promisorias en un ambiente determinado pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente. Horner y Frey, (1957), fueron los primeros en dar una respuesta a este problema, descubrieron que cerca de 40 % de la variación en experimentos correspondía a la interacción de los genotipos con los ambientes.

Frederiksen, (2000); señala que el sorgo crece en todo el mundo bajo muchas y diferentes condiciones ambientales. En cada ambiente una serie de enfermedades podría dañar, debilitar, o reducir el valor y la productividad del cultivo de sorgo. Aunque muchas personas consideran al sorgo como un rudo cereal, ubicado en el primer lugar en tolerante a sequía y calor, es un cultivo alimenticio de sostenimiento de la vida en muchas regiones del mundo donde este cultivo crece bajo una amplia variedad de condiciones. Globalmente el sorgo está expuesto a un amplio orden de enfermedades parasíticas y no parasíticas.

Las 20 líneas evaluadas en las tres localidades en estudio se comportaron diferentes en los distintos análisis realizados, tanto descriptivos como estadísticos.

V. CONCLUSIONES

1. Las variables evaluadas en los factores estudiados presentaron significancia estadística en la mayoría de los casos.
2. Las enfermedades foliares que afectaron las líneas de sorgo en las tres localidades fueron: Antracnosis causada por *Colletotrichum graminicola* G. W. Wilson; mancha gris causada por *Cercospora sorghi* Ellis & Everth y mancha zonada de la hoja causada por *Gloeocercospora sorghi* D. Bain & Edgerton ex Deighton.
3. En las localidades Tisma y Ranchería; 8 de las líneas evaluadas resultaron altamente resistentes; 7 moderadamente resistentes y 2 susceptibles a las enfermedades foliares. En CNIA-INTA todas las líneas resultaron altamente susceptible.
4. La línea sureño presentó la mayor altura de planta en las tres localidades con respecto al resto de las líneas.
5. La línea R.9645 obtuvo la mayor tasa de incremento de las enfermedades en la localidad CNIA-INTA con $r=0.150$.
6. Los menores valores de severidad de enfermedades foliares resultaron en las veinte líneas evaluadas en la localidad Ranchería y los más altos porcentajes de severidad en las veinte líneas evaluadas en CNIA-INTA.
7. Los géneros de hongos asociados a mohos de la panoja identificados en el estudio fueron: *Fusarium* spp, *Curvularia lunata* (Wakk) Boedijn y *Aspergillus flavus* (Link).
8. Las líneas evaluadas en Tisma, presentaron los menores porcentajes de severidad de mohos en panoja, los más altos porcentajes los obtuvieron las líneas evaluadas en el CNIA-INTA.

9. La línea sureño resultó resistente a mohos de la panoja, en las tres localidades.
10. Los mayores rendimientos resultaron en el genotipo sureño con 9 037.31, 5 296.57 y 3 566.18 kg ha⁻¹ en CNIA-INTA, Tisma y Ranchería, respectivamente a los 56 dds.
11. El análisis de correlación de Pearson para las variables severidad de las enfermedades foliares y rendimiento indicó que no existe diferencias estadísticas, lo que significa que la severidad de las enfermedades foliares no afectó el rendimiento en las líneas en las tres localidades.
12. La variación del rendimiento en las localidades en base a la pendiente de las ecuaciones muestran que los rendimientos varían menos en la localidad Ranchería.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Evaluar el comportamiento de las líneas de sorgo en invernadero bajo fuerte presión de inóculo y riego.
- 2.** Continuar evaluando en próximos ensayos de ADIN el efecto que tienen las plagas y enfermedades del sorgo sobre el rendimiento.
- 3.** Continuar evaluando la línea sureño en otras localidades para ver su comportamiento con respecto al rendimiento, la altura y la ejerción de panoja.
- 4.** Realizar estudios con la línea sureño para analizar su utilización como forraje y analizar la calidad del forraje de dicha línea.
- 5.** Incluir las líneas resistentes a enfermedades foliares en las tres zonas, y utilizarlas en programas de mejoramiento para producir variedades que sean usadas por los productores a nivel comercial.
- 6.** Seleccionar los materiales y evaluar en otras localidades utilizando ensayos con un mayor número de bloques o repeticiones.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar, C.; A. Barrera. 2001. Evaluación preliminar de 19 líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] por su reacción a las principales plagas: cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith), mosquita del sorgo (*Stenodiplosis sorghicola* Coquillet) y enfermedades CNIA–INTA. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 48 p.
- Agrios, G. N. 1991. Fitopatología. 2da. ed. Grupo Noriega Editores. México. 756 p.
- Alli, M. E. K.; Warren, H. L.; Latin, R. 1987. Relationship between anthracnose leaf blight and Losses in grain yield of sorghum. Plant Disease p. 71.
- Arauz, L. F. 1998. Fitopatología, un enfoque agroecológico. 1. ed. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 467 p.
- Barreto, H. J.; Raun, W. R. 1988. El Ayudante de Datos MST. Guía para la Operación del Software. Centro Internacional de Manejamiento de Maiz y Trigo. América Central. 2 p.
- BCN (Banco Central de Nicaragua). 2003. Informe Anual. Managua, Nicaragua. p 58 y 59.
- Campbell, C. L. y Madden L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John. Wiley Y Sons. United States of American. 173 p.
- Cardwel, K. F.; Hepperly, P. R.; Frejeriksen, R. A. 1989. Pathotypes of *Colletotrichum graminicola* and Seed Transmission of Sorghum Anthracnose Planta Disease. (USA). p. 73-255-257.

- Casela, C. R.; Ferrerira, A. S. 1987. Proposta para un sistema de classificacao de racas de *Colletotrichum graminicola*, Agente causal de antracnose en sorgo (*Sorghum bicolor*). Fitopatología Brasileira p. 12.
- Castaño, J.; Río, 1994. Guía para el diagnóstico y el control de enfermedades de importancia económica. Escuela Agrícola Panamericana. 3a. ed. Tegucigalpa, Honduras. p 103-182.
- Cook, A, A. 1981. Diseases of tropical and subtropical field, fiber and oil plants. Macmillan publishing co., Inc. New York. (USA).p. 934.
- Compton, L.P. 1985. La producción de sorgo y mijo. ICRISAT, CMMYT. México. p. 46.
- , L.P. 1990. Agronomía del sorgo. Programa de mejoramiento de sorgo del ICRISAT para América Latina. p. 301.
- Compendium of sorghum diseases. 2000. 2da. ed. The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota, U.S.A. 78 p.
- Cornide, M. T.; Lima, H.; Gálvez, G.; Sigarroat, A. 1985. Genética Vegetal y Fitomejoramiento. Científico-Técnica. La Habana, (Cuba). p. 379-446.
- Claflin, L. E.; Dahlberg, J.; Serrano de, R. F.; Borja, C.; Leslie, J.; Mason, S.; Nzioki H.; Pichardo, S.; Pitre, H.; Narro, J.; Tuinstra, M. 2003. Agroecology and Biology of Pathogens of Sorghum and Millet. Project 211. Kansas State University.
- Clará, R.; Corrales, J. C.; Obando, R.; Deras, H.; Velásquez, R.; Martinez, J. A.; Alvarez, I. 2002. Comportamiento de los sorgos híbridos para grano del PCCMCA durante el 2002. La Ceiba, Honduras. Centroamerica. 12 p.
- Doggett, H. 1988. Sorghum. 2da. ed. p. 512.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Anuario. Producción. Estadística. Roma, 2003. 56 no. 176.
- Franklin, C. 1986. Zonate Leaf Spot En Compendium of Sorghum Diseases. p. 13.
- Frederiksen, R. A. & Odvody, G. N. 2000. Compendium of Sorghum Diseases. Second Edition. Texas A & M University. p. 1.
- Frederiksen, R. A. 2000. Diseases and Disease Management in Sorghum, Sorghum: Origin, History, Technology, and Production, C. Wayne Smith, John Wiley & Sons, Inc.
- Gavarrete G., J. Zeledón. 2001. Evaluación preliminar de 20 líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], por su reacción a plagas y enfermedades. INTA–CNIA. Tesis (Ingeniero. Agrónomo). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 53 p.
- Gusmán, R. F.; Borja, C. A.; Moran, A. E.; Clafin, L. 2004. Evaluación de tolerancia a enfermedades e insectos en viveros. (All Diseases and Insects Nursery). San Andres, El Salvador. 26 p.
- House, L. 1982. El Sorgo. Guía para su mejoramiento genético. Universidad Autónoma de Chapingo. (México). p. 425.
- Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José. (Costa Rica). P. 216.
- Horner, T. W. and K. J. Frey. 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. p. 49.
- Hildebrand P. E. ; Poey, F., 1989. Ensayos agronómicos en fincas, según el enfoque de sistemas agropecuarios. USA. 3 p.

- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2003. Resumen Meteorológico Anual. Dirección General de Meteorología. Managua, Nicaragua.
- INTA (Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria). 1999. Guía Tecnológica. Cultivo del Sorgo. Managua, Nicaragua.
- Maunder, B. 2002. Sorghum worldwide. Sorghum and Millets Diseases. (edit.), Iowa State Press. USA. p. 11-17.
- Magness, J. R.; Markle, G. M.; Compton, C. C. 1971. Food and feed crops of the United States. Interregional Research Project IR-4, IR Bulletin 1, New Jersey Agricultural Experimental Station. Bulletin 828. 3 p.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2000. Agricultura y Desarrollo. Managua, Nicaragua. 2002.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2005. Informe de producción al 31 de diciembre. Managua, Nicaragua. 2005. 39 p.
- Maya., V, N. 1995. Evaluación de siete genotipos de maíz. (*Zea May L*). En cuatro localidades de Nicaragua. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- MIDINRA (Reorganización del Ministerio de Agropecuario y Reforma Agraria) 1985. Guía tecnológica para la producción de sorgo. Managua, Nicaragua. p. 5.
- Mughogho, L. K. 1982. Strategies for sorghum disease control. In: ICRISAT. 1982. Sorghum in the Eighties. Proc. Int. Symp. on Sorghum, ICRISAT, INDIA.

- Paul, L. C. 1985. Agronomía del sorgo. Instituto Internacional para la Investigación en cultivos para los Trópicos Semi-Áridos. Comisión Latinoamericana de Investigación en sorgo. Pantacherv, (India). p. 1-4; 172-174.
- Poehlman, J. M.; Sleper, D. A.; Sleper, D. A. 1995. Breeding field crops. Iowa State University Press, Ames Iowa. p. 494.
- Pedroza, H. 1995. Sistema de Análisis Estadístico Aplicado a la Experimentación Agrícola. Arte, S.A. Managua, (Nicaragua). p. 134.
- Pineda, L. 1994. La producción de sorgo granífero en Nicaragua bajo condiciones de secano. Guía Técnica. Ministerio de Agricultura y ganadería. Managua, Nicaragua. 32 p.
- , L. 1991. El sorgo. Guía Técnica. Ministerio de Agricultura y ganadería. Managua, Nicaragua. 32 p.
- Rodrigo, O.; Serrano. 1968. El cultivo del sorgo granero. Caracas, Venezuela. p. 65.
- Somarriba, R. C. 1997. Granos Básicos. Texto Básico. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, (Nicaragua). 197 p.
- Smith, C. W.; Frederiksen, R. A. 2000. sorghum. Origin, History, Technology, and production. John Wiley & Sons, Inc. Texas A & M University, USA.
- Teetes, G. L.; Seshu Reddy, K. V.; Leuschner, K.; House, L. R. 1983. Sorghum insect identification handbook. Patancheru, A. P. (India): International Crops Research Institute for the semi-Arid tropics. Information bulletin No. 12. p 26-27; 58-59; 64-65.
- Warren, H. 1986. Leaf Anthracnose En Compendium of Sorghum Diseases. p. 10.

Warren, H. L.; Franklin, C. D.; Odvody, G. N. 1986. Gray Leaf Spot, Zonate Leaf Spot, Leaf Anthracnose En Compendium of Sorghum Diseases. p. 10-13.

Westcott, C. 1950. Plant disease handbook. USA. p. 746.

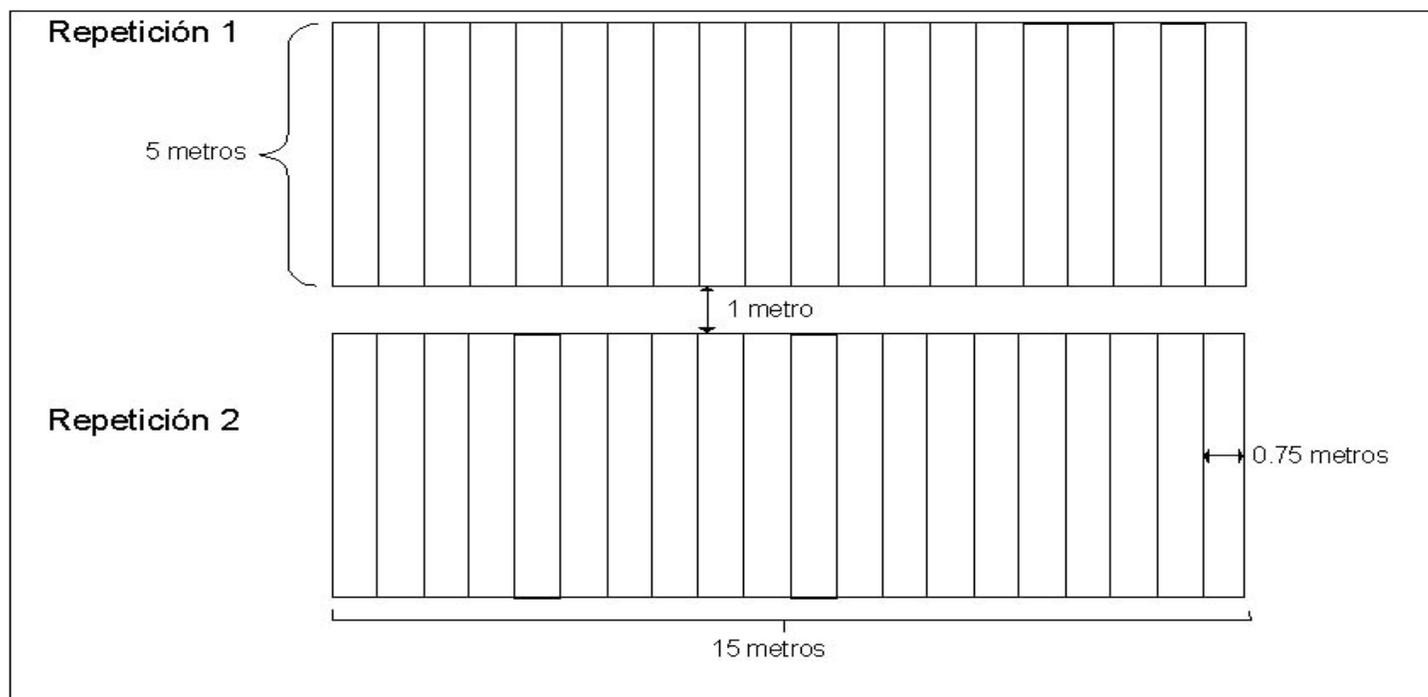
Williams, R. J.; Frederiksen, R. A.; Girard, J. C. 1978. Manual para la identificación de las enfermedades del sorgo y mijo. Instituto Internacional de Investigaciones de Cultivos para los Trópicos (ISCRASAT) y Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Texas A & M, Texas. USA. no.2. 88 p.

Zeledón, J. & Pitre, H. 2002. Manejo de plagas y Enfermedades de sorgo. University, Mississippi State. p. 271.

Zhu, H.; Muthukrishnan, S.; Krishnaveni, S.; Wilde, G.; Jeoung, J. M.; Liang, G. H. 1998. Biolistic transformation of sorghum using a rice chitinase gene. Journal of Genetic and Breeding (USA). p. 243-252.

A N E X O S

Anexo 1. Plano de campo en las tres localidades evaluadas en la investigación (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega).



Anexo 2 Escala de daño de severidad para enfermedades foliares; Frederiksen, (2000), modificada por Pichardo, (2001).

Rango	Clasificación
Menos de 10%-19% de tejido foliar afectado	Altamente resistente
20-29% de tejido foliar afectado	Moderadamente resistente
30-39% de tejido foliar afectado	Moderadamente susceptible
40-59% de tejido foliar afectado	Susceptible
60-100% de tejido foliar afectado	Altamente susceptible
0 % para una planta totalmente sana y 100 % para una planta totalmente enferma	

Anexo 3 Escala propuesta para evaluar la severidad de mohos en panoja.

Porcentajes	Descripción
0	Planta sana
10	12 % de la panoja con moho
20	25 % de la panoja con moho
40	Mitad de la panoja con moho
80	Toda la panoja con moho
100	Panoja seca

Anexo 4 Enfermedades presentes en las 20 líneas de sorgo evaluadas en tres zonas sorgueras de Nicaragua (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega); Nicaragua, 2003.

Líneas	CNIA, Managua			Tisma, Masaya			Ranchería, Chinandega		
	Ant.	Man. gris	Man. Zon.	Ant.	Man. gris	Man. Zon.	Ant.	Man. gris	Man. Zon.
92BD1982-4		X	X	*		*	X		
00CA4654		X	X	*	*	*			X
B,HE14	X	X		*	*	*			X
B,LD6(w+y)	X	X		*		*	X		X
02CA5053			X	*		*			X
LG70		X	X	*	*	*			X
B8PR1059	X		X	*		*	X		X
96GCPOB124	X		X	*	*	*	X		X
96GCPOB172			X	*		*	X		X
MB108B	X	X		*		*	X		
98BRON122			X	*	*	*			X
B8PR1045	X	X	X	*	*		X		X
R.9528			X	*		*			X
R.9645		X					X		X
B.9701				*	*	*	X		X
B.9712	X		X	*	*	*			X
B.9955	X	X	X	*	*	*			X
R.9529			X	*	*	*			X
RT.2917		X	X	*	*	*			X
Sureño		X			*	*	X		X

Ant. = Antracnosis Man. Gris = Mancha Gris

Man. Zon. = Mancha Zonada

X * = presencia de la enfermedad en la línea

Anexo 5 Reacción de las líneas de sorgo a las enfermedades foliares evaluadas en CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; Nicaragua, 2003.

Líneas	CNIA, Managua (%)	Clasificación	Tisma, Masaya (%)	Clasificación	Ranchería, Chinandega (%)	Clasificación
92BD1982-4	80	As	15	Ar	9	Ar
00CA4654	85	As	15	Ar	11.5	Ar
B,HE14	85	As	20	Mr	23.5	Mr
B,LD6(w+y)	82.5	As	15	Ar	17.5	Ar
02CA5053	72.5	As	15	Ar	17.5	Ar
LG70	85	As	20	Mr	17.5	Ar
B8PR1059	82.5	As	10	Ar	15	Ar
96GCPOB124	87.5	As	35	Ms	20	Mr
96GCPOB172	90	As	15	Ar	17.5	Ar
MB108B	90	As	15	Ar	20	Mr
98BRON122	82.5	As	15	Ar	9	Ar
B8PR1045	72.5	As	30	Ms	20	Mr
R.9528	85	As	20	Mr	31	Ms
R.9645	97.5	As	20	Mr	22.5	Mr
B.9701	92.5	As	20	Mr	21	Mr
B.9712	87.5	As	20	Mr	27.5	Mr
B.9955	97.5	As	70	As	55	S
R.9529	95	As	40	S	35	Ms
RT.2917	97.5	As	50	S	50	S
Sureño	85	As	20	Mr	32.5	Ms

Ar = Altamente resistente
S = Susceptible

Mr = Moderadamente resistente
As = Altamente susceptible

Ms = Moderadamente susceptible

Anexo 6 Tasa de incremento (r) de la severidad de las enfermedades foliares en sorgo en tres localidades de Nicaragua; CNIA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega; 2003.

Líneas	r		
	CNIA, Managua	Tisma, Masaya	Ranchería, Chinandega
92BD1982-4	0.079		0.029
00CA4654	0.086	0.021	0.051
B,HE14	0.093	0.018	0.05
B,LD6(w+y)	0.090	0.017	0.048
02CA5053	0.086	0.024	0.069
LG70	0.081	0.021	0.048
B8PR1059	0.083	0.0095	0.044
96GCPOB124	0.091	0.032	0.052
96GCPOB172	0.118	0.018	0.059
MB108B	0.113	0.034	0.080
98BRON122	0.11	0.019	0.058
B8PR1045	0.048	0.039	0.039
R.9528	0.088	0.0016	0.054
R.9645	0.15	0.024	0.056
B.9701	0.12	0.012	0.040
B.9712	0.098	0.0066	0.049
B.9955	0.11	0.035	0.057
R.9529	0.12	0.027	0.058
RT.2917	0.13	0.029	0.080
Sureño	0.11	0.030	0.079

Anexo 7 Altura de planta, ejerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad CNIA, Managua.

Rendimiento y sus componentes						
Localidad	Líneas	No. de plantas cosechadas	Altura Planta (cm)	Exerc. Pan. (cm)	Long. Pan. (cm)	Rend kg ha ¹
CNIA , Managua	92BD1982-4	25	138	10	30	2 553.65 b
	00CA4654	40	144	8	30	4 195.51 b
	B,HE14	28	119	6	31	2 176.5 b
	B,LD6(w+y)	15	128	0	36	1 184 b
	02CA5053	23	124	0	31	2 800.69 b
	LG70	26	125	3	36	4 866.51 b
	B8PR1059	18	125	0	38	2 187.04 b
	96GCPOB124	12	127	6	38	2 386.83 b
	96GCPOB172	14	118	0	32	2 039.97 b
	MB108B	17	156	2	32	4 713.16 b
	98BRON122	13	123	2	36	2 820.01 b
	B8PR1045	25	153	9	27	3 287.09 b
	R.9528	23	123	16	28	2 592.63 b
	R.9645	21	129	5	27	3 821.93 b
	B.9701	16	135	5	28	2 382.56 b
	B.9712	31	99	3	24	3 478.34 b
	B.9955	15	100	3	26	1 970.07 b
	R.9529	23	109	6	31	3 260.49 b
	RT.2917	19	111	15	36	1 933.56 b
	Sureño	44	197	5	27	9 037.31 a

Anexo 8 Altura de planta, ejerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad Tisma, Masaya.

Rendimiento y sus componentes						
Localidad	Líneas	Número de plantas cosechadas	Altura Planta (cm)	Exerc. Pan. (cm)	Long. Pan. (cm)	Rend. kg ha ⁻¹
Tisma, Masaya	92BD1982-4	17	132	7	28	1 553.57 b
	00CA4654	21	140	4	32	2 292.71 b
	B,HE14	24	105	6	32	1 510.9 b
	B,LD6(w+y)	20	110	4	30	2 215.03 b
	02CA5053	19	114	3	27	2 007.60 b
	LG70	20	119	0	37	2 058.21 b
	B8PR1059	7	122	2	33	1 751.72 b
	96GCPOB124	18	123	5	37	1 838.44 b
	96GCPOB172	13	118	0	29	1 666.77 b
	MB108B	6	153	0	40	1 987.19 b
	98BRON122	10	120	5	36	2 226.83 b
	B8PR1045	12	147	0	34	1 445.9 b
	R.9528	9	124	13	33	1 512.91 b
	R.9645	19	119	0	30	2 395.36 b
	B.9701	19	125	5	29	2 948.90 b
	B.9712	11	105	0	27	2 027.97 b
	B.9955	18	100	8	24	870.53 b
	R.9529	17	108	0	37	1 840.07 b
	RT.2917	19	109	14	32	1 398.34 b
	Sureño	26	202	0	28	5 296.57 a

Anexo 9 Altura de planta, ejerción y longitud de panoja de 20 líneas de sorgo en la localidad Ranchería, Chinandega.

Rendimiento y sus componentes						
Localidad	Líneas	Número de plantas cosechadas	Altura Planta (cm)	Exerc. Pan. (cm)	Long. Pan. (cm)	Rend. kg ha ¹
Ranchería, Chinandega	92BD1982-4	11	110	13	25	2 016.63 a
	00CA4654	11	128	4	27	2 039.72 a
	B,HE14	21	103	5.5	24.54	1 766.4 a
	B,LD6(w+y)	15	117	25	32	2 570.29 a
	02CA5053	12	113	9	28	1 634.51 a
	LG70	16	106	0	28	2 326.59 a
	B8PR1059	13	115	0	25	2 802.32 a
	96GCPOB124	11	117	0	33	1 864.91 a
	96GCPOB172	14	102	0	26	1 738.29 a
	MB108B	19	134	0	35	2 454.59 a
	98BRON122	10	120	12	30	1 352.55 a
	B8PR1045	15	150	0	28	1 369.35 a
	R.9528	22	113	10	25	2 360.98 a
	R.9645	31	117	13	21	2 359.59 a
	B.9701	12	115	8	24	2 131.7 a
	B.9712	17	98	0	25	2 361.73 a
	B.9955	12	82	15	19	1 808.31 a
	R.9529	18	121	9	30	2 392.10 a
	RT.2917	13	120	2	29	1 485.81 a
	Sureño	20	200	5	22	3 566.18 a

Anexo 10 Comportamiento de severidad de enfermedades foliares en 5 líneas de sorgo (2001 y 2003), en la localidad CNIA, Managua.

Líneas	% Severidad, 2001	% Severidad, 2003
00CA4654	58.5	47.50
96GCPOB124	56	48.75
LG70	30	48.75
98BRON122	20	42.75
MB108B	19	47.50

Anexo 11 Rendimiento de 20 líneas de sorgo en las tres localidades evaluadas (CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega); Nicaragua, 2003.

Rendimiento kg ha⁻¹			
Líneas	CNIA, Managua	Tisma, Masaya	Ranchería, Chinandega
92BD1982-4	2 553.65	1 553.57	2 016.63
00CA4654	4 195.51	2 292.71	2 039.72
B,HE14	2 176.5	1 510.9	1 766.4
B,LD6(w+y)	1 184	2 215.03	2 570.29
02CA5053	2 800.69	2 007.60	1 634.51
LG70	4 866.51	2 058.21	2 326.59
B8PR1059	2 187.04	1 751.72	2 802.32
96GCPOB124	2 386.83	1 838.44	1 864.91
96GCPOB172	2 039.97	1 666.77	1 738.29
MB108B	4 713.16	1 987.19	2 454.59
98BRON122	2 820.01	2 226.83	1 352.55
B8PR1045	3 287.09	1 445.9	1 369.35
R.9528	2 592.63	1 512.91	2 360.98
R.9645	3 821.93	2 395.36	2 359.59
B.9701	2 382.56	2 948.90	2 131.7
B.9712	3 478.34	2 027.97	2 361.73
B.9955	1 970.07	870.53	1 808.31
R.9529	3 260.49	1 840.07	2 392.10
RT.2917	1 933.56	1 398.34	1 485.81
Sureño	9 037.31	5 296.57	3 566.18

Anexo 12 Enfermedades presentes en las líneas evaluadas en CNIA-INTA, Managua; Tisma, Masaya y Ranchería, Chinandega.

Antracnosis:

(*Collectotrichum graminicola* G. W. Wilson)



**Mancha gris de la hoja:
(*Cercospora sorghi* Ellis & Everth)**



**Mancha zonada:
(*Gloeocercospora sorghi* D. Bain & Edgerton ex Deighton)**



Mohos en panoja:

Fusarium spp, *Curvularia lunata* (Wakk) Boedijn y *Aspergillus flavus* (Link).

