

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO PARASITOLOGIA AGRICOLA

**INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE RAÍZ CAUSADA
POR HONGOS EN MAÍZ Y TRIGO EN PARCELAS
DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

**TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN
VEGETAL**

PRESENTA:

LILIA CRUZ CASTILLO

Chapingo, México Diciembre del 2001



BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

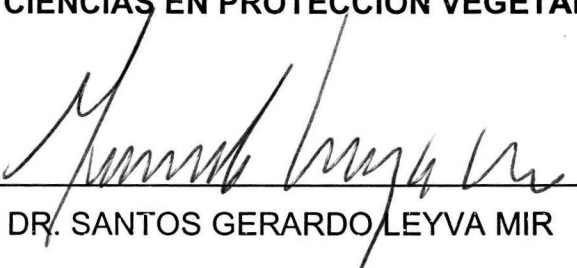
BIB 96839

**INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE RAÍZ CAUSADA POR HONGOS EN MAÍZ Y TRIGO
EN PARCELAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

Tesis realizada por **Lilia Cruz Castillo** bajo la dirección del comité asesor indicado, siendo aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:


DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:

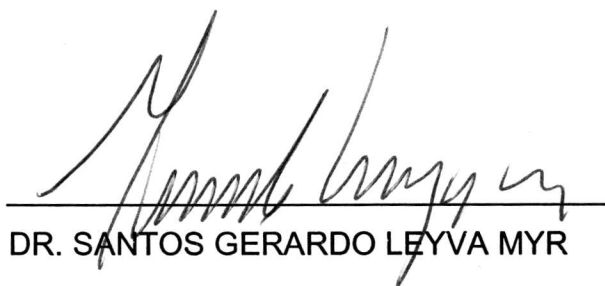

DRA. MÓNICA MEZZALAMA

ASESOR:


DR. JUAN LORENZO MEDINA PITALÚA

**INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE RAÍZ CAUSADA POR HONGOS EN MAÍZ Y TRIGO
EN PARCELAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Lilia Cruz Castillo**, autora de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 
DR. SANTOS GERARDO LEYVA MYR

ASESOR: 
DRA. MÓNICA MEZZALAMA

ASESOR: 
DR. JUAN LORENZO MEDINA PITALÚA

DEDICATORIA

A MIS HIJOS:

**ANITA
Y
EMANUEL**

EL TESORO MÁS PRECIADO CON QUE PUDO PREMIARME DIOS

AGRADECIMIENTOS

En primer término agradezco siempre a Dios.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo que finalmente me permitió realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por ser indiscutiblemente el pilar de mi educación.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, (CIMMYT) por el apoyo durante el desarrollo de la investigación.

A la Dra. Mónica Mezzalama, por el tema de tesis, su brillante asesoría, por brindarme su paciencia y por todo lo que aprendí de ella durante el desarrollo de este trabajo de tesis.

A mi comité:

DRA. MÓNICA MEZZALAMA

DR. SANTOS GERARDO LEYVA MYR

DR. JUAN LORENZO MEDINA PITALÚA

Por la dirección y asesoría en el presente trabajo.

A mis amigas: Rosa María López y María Elena Lemus por el apoyo en el laboratorio de fitopatología de trigo en el CIMMYT y principalmente por el apoyo moral.

A Higinio, Edwin, Rocío, Ángel, Manuel, Noel, Mónica, Meche, Rogelio y todos los que de alguna manera me auxiliaron durante la fase experimental y me distinguieron con su amistad.

Al amor que te tengo EDUARDO.

DATOS BIOGRÁFICOS

Lilia Cruz Castillo, nació el 4 de mayo de 1970 en la Ciudad de México. Estudió la secundaria y preparatoria en el Distrito Federal. En 1988 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo donde cursó el Propedéutico correspondiente a la carrera de Agronomía y de 1989 a 1993 cursó la carrera obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Presentó su examen profesional el 16 de octubre de 1998, defendiendo la tesis “Deshidratación de flores de hortensia (*Hydrangea macrophylla* Thunb. Ser.) por liofilizado y tratamientos granulares”. En enero de 1999 ingresó en el programa de Maestría en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente labora para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

RESUMEN

La incidencia de pudrición de raíz fue evaluada en trigo y maíz cultivados bajo sistemas de labranza de conservación en un arreglo experimental en bloques al azar con remoción o retención de residuos, monocultivo maíz y trigo o rotación trigo-maíz como factores experimentales.

Los hongos patogénicos aislados de las lesiones de raíz fueron identificados dentro del género *Fusarium*. Las especies más frecuentes identificadas fueron *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. sambucinum*, *F. subglutinans* y *F. oxysporum*. Otras especies como *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria* spp. y *Pythium* spp. fueron también aisladas e identificadas.

Diferencias estadísticamente no significativas en la incidencia de pudrición de raíz fueron encontradas entre tratamientos de trigo.

Diferencias estadísticamente significativas fueron encontradas entre tratamientos de maíz donde los de menor incidencia de pudrición de raíz fue encontrada en los tratamientos bajo labranza cero y retención de residuos. El aislamiento de *Fusarium* spp. del suelo no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Palabras clave: trigo, maíz, labranza de conservación, manejo de residuos, pudrición de raíz.

ABSTRACT

Root rot incidence was evaluated on wheat and maize cultivated under conservation tillage systems in a randomized complete block design with residue removal or retention, continuous wheat and maize or wheat-maize rotation as experiment factors.

The fungal pathogens isolated from root lesions and identified belonged to the genus *Fusarium*. The species more frequently identified were *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. sambucinum*, *F. subglutinans* and *Pythium* spp. were also isolated and identified.

No statistically significant difference in the incidence of root rot was found among wheat treatments.

Statistically significant differences were found among maize treatments where the lowest incidence of root rot was found in the treatments under zero tillage and retaining residues. The isolation from soil of *Fusarium* spp. was not statistically different among treatments.

Key words: wheat, maize, conservation tillage, residue management, root rot.

CONTENIDO

	PÁGINA
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Datos biográficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	6
1. Efectos del sistema de labranza en los suelos agrícolas.....	6
2. Enfermedades de la raíz en los sistemas de labranza de conservación.....	8
2.1 Pudrición de raíz en trigo.....	9
2.2 Pudrición de raíz en maíz.....	12
2.3 Patógenos controlados por el empleo del sistema de labranza de conservación.....	14
3. Efecto de los tipos de labranza en las enfermedades.....	14
3.1 Efecto de la compactación del suelo en la incidencia de patógenos...14	
3.2 Suelos supresores de enfermedades en labranza de conservación...16	
3.3 Densidad de inóculo, capacidad del inóculo y potencial para producir enfermedad.....	17
4. Efecto del manejo de residuos en la incidencia de patógenos.....	18
4.1 Influencia de los organismos antagónicos en la población de hongos fitopatógenos.....	20
5. Efecto de la rotación de cultivos en la incidencia de enfermedades de la raíz.....	21
6. Efecto del manejo del suelo y del cultivo en el rendimiento.....	22
III. Materiales y métodos.....	24
1. Ubicación del campo experimental y descripción del experimento.....	24
2. Evaluación de pudrición de raíz.....	25

3.	Aislamiento de raíz.....	26
4.	Purificación de hongos.....	28
5.	Pruebas de patogenicidad.....	29
6.	Identificación de cepas patogénicas.....	31
7.	Cuantificación de <i>Fusarium</i> en el suelo.....	32
8.	Análisis estadístico.....	33
IV.	Resultados.....	34
1.	Incidencia de pudrición de raíz en trigo.....	34
2.	Incidencia de pudrición de raíz en maíz.....	37
3.	Aislamiento de raíz e identificación del agente causal.....	44
4.	Pruebas de patogenicidad.....	44
5.	Aislamiento de <i>Fusarium</i> spp. del suelo.....	56
V.	Discusión.....	59
VI.	Conclusiones.....	63
VII.	Literatura citada.....	64
VIII.	Anexos.....	70

INDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Tratamientos empleados.....	24
Cuadro 2. Evaluación de daño en raíces de maíz.....	26
Cuadro 3. Evaluación de daño en raíces de trigo.....	26
Cuadro 4. Análisis de varianza para la incidencia de pudrición en raíces seminales, raíces del primer nudo y raíces de los macollos del cultivo del trigo bajo diferentes sistemas de labranza, rotación y manejo de residuos.....	34
Cuadro 5. Análisis de varianza para la incidencia de pudrición de raíces seminales y raíces adventicias del cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de labranza,rotación y manejo de residuos.....	38
Cuadro 6. Valores promedio de la evaluación de pudrición de raíz en maíz.....	39
Cuadro 7. Resultados de aislamientos de raíz por tratamiento.....	43
Cuadro 8. Resumen de los resultados de las pruebas de patogenicidad aplicadas en 1998 y 2000.....	45
Cuadro 9. Análisis estadístico para las cepas de <i>Fusarium</i> spp. patogénicas en los Años 1998 y 2000.....	49
Cuadro 10. Resultados de las pruebas de patogenicidad del año 1999.....	51
Cuadro 11. ANAVA para la variable aislamiento de <i>Fusarium</i> spp. del suelo en relación al sistema de cultivo.....	56

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Pudrición de raíz de trigo en campo según el sistema de cultivo (evaluación agosto del 2000).....	35
Figura 2. Pudrición de raíz de trigo en campo por efecto de los sistemas de labranza (evaluación agosto del 2000).....	36
Figura 3. Pudrición de raíz de trigo en campo por efecto del manejo de residuos (evaluación agosto del 2000).....	36
Figura 4. Pudrición de raíz de maíz en campo por efecto del sistema de cultivo: monocultivo o rotación (evaluación agosto del 2000).....	40
Figura 5. Pudrición de raíz de maíz en campo según el sistema de labranza (evaluación agosto del 2000).....	41
Figura 6. Pudrición de raíz de maíz en campo en relación al manejo de residuos (evaluación agosto del 2000).....	42
Figura 7. Cepas patogénicas encontradas con mayor frecuencia en relación al sistema de producción (prueba correspondiente al año 2000).....	46
Figura 8. Cepas patogénicas más frecuentes por efecto del sistema de Labranza (evaluación agosto del 2000).....	47
Figura 9. Cepas patogénicas más frecuentes por efecto de la ausencia o presencia de residuos vegetales en el suelo (evaluación agosto del 2000).....	48
Figura 10. Frecuencia de especies de <i>Fusarium</i> spp. patogénicas, pruebas 1998 y 2000.....	50
Figura 11. Características de <i>Fusarium sambucinum</i> en CLA (cepas patogénicas).....	51
Figura 12. Características de <i>Fusarium oxysporum</i> en CLA (cepas patogénicas).....	52
Figura 13. Características de <i>Fusarium subglutinans</i> en CLA (cepas patogénicas).....	53
Figura 14. Características de a). <i>Fusarium equiseti</i> , b)-d). <i>Fusarium crookwellense</i>	53
Figura 15. Características de las colonias en PDA natural 8) y 9) <i>Fusarium</i>	

<i>Sambucinum</i> ,10) <i>Fusarium equiseti</i>	54
Figura 16. Características de las colonias en PDA natural 32), 34). <i>Fusarium subglutinans</i> 33). <i>Fusarium oxysporum</i>	54
Figura 17. Características de <i>Fusarium</i> spp. (cepas patogénicas) en CLA.....	55
Figura 18. Características de las colonias en PDA natural (cepas patogénicas).....	56
Figura 19. Aislamiento de <i>Fusarium</i> spp. del suelo (muestra 0-20 cm de profundidad) en relación al sistemas de cultivo, la evaluación fue efectuada en febrero del 2000.....	57
Figura 20. Aislamiento de <i>Fusarium</i> spp. del suelo (muestra 0-20cm de profundidad) según el sistema de labranza, la evaluación fue efectuada en febrero del 2000.....	58
Figura 21. Aislamiento de <i>Fusarium</i> spp. del suelo (muestra 0-20 cm de profundidad) en relación al manejo de residuos, la evaluación fue efectuada en febrero del 2000.....	58

I. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo a lo largo del tiempo ha sido uno de los mayores problemas de la agricultura en todo el mundo, como consecuencia principalmente, del empleo de prácticas de producción cada vez más intensivas en tiempo y espacio, por la excesiva preparación del terreno y por la expansión de la agricultura hacia ambientes más frágiles. El resultado fue que el viento y el agua erosionaron millones de toneladas de la capa superficial del suelo, al quedar la tierra descubierta antes que el cultivo pudiera crecer lo suficiente para cubrir el suelo y protegerlo. Estudios en Kansas mostraron que la erosión de los 2.5 cm de la capa superficial del suelo representaban pérdidas de rendimiento en trigo de 77 Kg/ha/año, en México el deterioro del suelo alcanza medias regionales que sobrepasan el 80% de suelos erosionados (Anónimo, 1981; Bockus y Shoyer, 1998; Claverán, 1999; Etchevers *et al*, 1994).

La degradación física del suelo en las áreas agrícolas constituye un serio problema en la producción de cultivos y la conservación del ambiente. La labranza no solo expone y afloja el suelo haciéndolo más erosionable, también expone a la materia orgánica del suelo a la oxidación, causando en casos extremos pérdidas de hasta el 50%.

La actividad de los organismos habitantes del suelo es en gran parte responsable de la estructura del mismo, la síntesis de humus y la degradación de la materia orgánica, además del ciclo de nutrientes tales como el carbono y nitrógeno; sin embargo estos procesos biológicos pueden verse seriamente alterados negativamente por la influencia de un mal manejo agrícola (Bockus y Shoyer, 1998; Chakraborty y Mitra, 1994; Vieira, *et al*, 1991; Weil, *et al*, 1993).

El contenido de materia orgánica, el grado de erosión y compactación de los suelos agrícolas influye determinantemente en la infiltración y retención de la humedad en ellos así como en la absorción del agua por las plantas. En los suelos labrados generalmente existe un bajo contenido de materia orgánica y el grado de erosión y compactación del suelo es muy alto, sumando a ello el déficit hídrico en la zona radical, todos estos factores tienen como consecuencia pérdidas en el rendimiento de los

cultivos, sobre todo en zonas donde no se cuenta con riego, las lluvias son irregulares y presentan condiciones desfavorables de alta pendiente y escasa cobertura vegetal (Chakraborty y Mittra, 1994; Doran et al, 1998; Mehta et al, 1991).

El concepto de agricultura sustentable se integra tanto a la agricultura altamente tecnificada como a la de subsistencia e implica producir condicionando siempre a la conservación de los recursos ambientales, particularmente el agua y el suelo; dando por tanto solución a los problemas mencionados anteriormente (Claverán, 1999).

Una alternativa propuesta por la agricultura sustentable es la llamada labranza de conservación, la cual protege las propiedades y contenidos del suelo. El principio es tan sencillo como el proceso mismo de la naturaleza: no invertir el perfil del suelo y proteger la superficie de este con residuos orgánicos como mantillo. La labranza de conservación incluye: la llamada labranza mínima, que considera la mínima labranza requerida para la preparación de la cama de siembra y establecimiento de la planta; y la cero labranza o siembra directa en la cual no se realiza ningún movimiento del suelo (Bockus y Shoyer, 1998; Erenstein, 1997; Escoto y Arroyo, 1999; Medina et al, 1999; Sturz, et al 1997).

Su aceptación no es tan fácil porque no solo niega la tradición práctica del agricultor de siglos, sino también los postulados académicos derivados de la "ciencia" y enseñados en las escuelas. Sin embargo es el remedio más práctico en la solución de los problemas que en la mayoría de los casos son ocasionados por la labranza y el retiro de los residuos de cosecha (Claverán, 1999).

En la adopción de esta práctica Estados Unidos y Brasil ocupan el primer lugar con 38% de su superficie total de cultivo, y en México la superficie total estimada bajo cualquier tipo de labranza de conservación apenas rebasa el medio millón de hectáreas que representa menos de 3% de la superficie media cosechada en el país (Claverán, 1999).

Los efectos principales de la introducción de la Labranza de conservación aún con niveles bajos de mantillo son múltiples, llevándonos a incrementos en el rendimiento de grano de hasta 50% en las zonas más secas (Triomphe y Scopel, 1999).

Los elementos primarios para el control de la erosión son el mantenimiento de la cobertura del suelo (para reducir el salpicamiento) y la maximización de la infiltración

(para reducir el volumen y, por ende, la velocidad del escurrimiento). Los residuos de la cosecha empleados en cero labranza pueden proporcionar ambos elementos si se dejan en cantidades suficientes para formar un mantillo efectivo; observándose a corto plazo una reducción en la erosión de hasta un 80% y a mediano y largo plazo de un 90% comparado con el sistema tradicional con suelo desnudo (Bailey y Duczek, 1996; Doran et al, 1998; Erenstein, 1997; Mehta y Gaudêncio 1997; Triomphe y Scopel, 1999).

El sistema de labranza tiene un significativo impacto sobre la biota del suelo; el incremento en la población de microorganismos y la diversidad de ellos encontrada en sistemas de cero labranza, sugieren una disminución del proceso oxidativo comparado con el sistema convencional, donde los procesos de preparación del terreno aceleran el proceso por el cual los microorganismos del suelo oxidan la materia orgánica. Estudios realizados en el estado de Guanajuato por Ochoa et al (1999) revelan un incremento del 0.7% al 4.2% en el contenido de materia orgánica en el suelo. De la misma forma, el manejo del rastrojo juega un importante rol en la formación de micrositios con condiciones favorables para la actividad de los microorganismos (Bockus y Shoyer, 1998; Doran et al, 1998; Doran, 1980; Ferreira et al, 2000; Lupwayi et al, 1998; Mullen et al, 1998; Toresani et al, 1998).

El incremento en la materia orgánica del suelo frecuentemente resulta en el incremento del carbono orgánico total en la superficie del suelo, que usualmente resulta en una alta capacidad de retención de humedad (Mullen et al, 1998).

Las operaciones de labranza o no labranza actúan de manera indirecta sobre el aprovechamiento del agua por el cultivo. De manera comparativa, lo que se modifica directamente son las propiedades físicas del suelo; en seguida, estas propiedades físicas pueden modificar la diferenciación de la reserva de agua disponible para el cultivo a través de los procesos de captación de agua en el suelo y de buena colonización por el sistema radicular de las plantas. Por su parte el mantillo de residuos presente sobre el suelo en Labranza de conservación es el principal elemento que va a modificar los términos del balance hídrico a través de la disminución de la evaporación directa del suelo por la energía solar e incrementando la cantidad de agua infiltrada en el perfil y disminución de las pérdidas por escurrimiento. Según Ochoa et al (1999) el ahorro en agua de riego representa el 20% en un año con rotación maíz-trigo en

estudios realizados en Guanajuato (Bailey y Duczek, 1996; Bockus y Shoyer, 1998; Doran, 1980; Mullen et al, 1998; Scopel, 1997).

A pesar de las muchas ventajas, una debilidad particularmente importante de los sistemas de cero y mínima labranza resulta ser el incremento de los niveles de daño de algunos fitopatógenos tanto foliares como de raíz, que llegan a incomodar la eficiencia de la agricultura rentable. Sin embargo las condiciones marcadamente diferentes entre labranza de conservación y labranza convencional provocan diferencias en la comunidad microbiana que incluye fitopatógenos y microorganismos que son antagónicos naturales de estos. Por lo tanto los sistemas de labranza de conservación tienen problemas fitopatológicos diferentes a los encontrados en los sistemas de labranza convencional (Bailey y Duczek, 1996; Rasmussen, 1997).

El sistema de labranza de conservación puede afectar al desarrollo de las enfermedades porque: 1) los residuos proveen un excelente habitat de sobrevivencia, crecimiento y multiplicación de patógenos foliares y causantes de enfermedades de la raíz; 2) existen varios factores (nutrición, fertilización, microorganismos antagónicos, etc.) que pueden afectar el crecimiento y multiplicación de los patógenos asociados con los residuos; 3) la presencia de los residuos y la descomposición de los mismos pueden alterar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, creando un ambiente hostil o benéfico para los organismos patógenos y/o para el hospedante; 4) el cambio en las condiciones físicas y químicas del suelo y la presencia de residuos en la superficie del mismo pueden afectar el crecimiento y configuración del sistema de raíces de los cultivos haciéndolo más resistente o vulnerable a los patógenos habitantes del suelo (Bailey y Duczek, 1996; Boosalis et al, 1981).

El grado de severidad en el ataque depende también de la especificidad del patógeno en relación al cultivo usado en rotación, la biología del patógeno y su mecanismo de dispersión y supervivencia, además de factores microclimáticos (Bailey, 1996; Bockus and Shoyer, 1998).

El maíz (*Zea mays* L.) es considerada una de las principales especies utilizadas en el mundo, actualmente se cultivan cerca de 140 millones de hectáreas, las cuales contribuyen con aproximadamente 600 millones de toneladas de granos (Fancelli, 2000); el trigo (*Triticum aestivum* L.) es también una especie importante que se cultiva en

aproximadamente 240 millones de hectáreas a nivel mundial (Hanson et al, 1982). en México, sin embargo, en la mayoría de los terrenos dedicados a su cultivo se tienen problemas relacionados a la erosión, subutilización del recurso agua en época de sequía y costos altos de producción que limitan la obtención de buenos rendimientos y utilidades mayores. En este sentido la técnica de labranza de conservación podría ayudar en la solución paulatina de estos problemas.

Bajo estas condiciones resulta sumamente importante la realización de estudios sobre el impacto de labranza cero sobre los hongos fitopatógenos habitantes del suelo que causan pudrición de raíz, y los efectos que sobre ello causaría el empleo de esta práctica a largo plazo en especies tan importantes como el trigo y el maíz; por lo tanto los objetivos del presente trabajo son:

1. Evaluar la incidencia de pudrición de raíz en maíz y trigo en parcelas de labranza de conservación y labranza convencional.
2. Identificar las especies de hongos causantes de pudrición de raíz y evaluar el impacto de los sistemas de labranza, manejo de residuos y sistema de producción en las especies encontradas.
3. Determinar la patogenicidad de las especies aisladas de raíz.
4. Evaluar el impacto de los sistemas de manejo del cultivo en la presencia de *Fusarium spp* en el suelo.

II. REVISION DE LITERATURA

1. EFECTOS DEL SISTEMA DE LABRANZA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS

La degradación de los suelos agrícolas se traduce en la disminución de la productividad y en el deterioro de las cualidades del suelo como soporte de los procesos bióticos que en él se desarrollan; lo cual incluye la destrucción de la estructura, fertilidad, balance de nutrientes, y reducción de la materia orgánica del suelo, además de la disminución de la población y diversidad de especies vivas que en él habitan (Lal, 1997).

Según Scopel (1997), se creía que el uso de las labranzas tradicionales mejoraba ciertas condiciones físicas del suelo (porosidad, resistencia a la penetración) y que ayudaba a la solución de algunos problemas, sin embargo esto ocurre únicamente en la parte superficial del perfil. Por consecuencia su impacto benéfico sobre la colonización radical queda reducido a esta parte. Asimismo, su efecto sobre la captación de agua es muy efímero ya que muy rápidamente se degradan las condiciones de la superficie bajo el impacto de las lluvias (disminución de rugosidad y de porosidad, además de producción de encostramiento).

La tendencia actual de los terrenos agrícolas va encaminada a la progresiva eliminación del excesivo movimiento del suelo (preparación del terreno) en favor de prácticas de labranza limitada (Sturz et al, 1997).

La labranza convencional se define como un sistema tradicional de remoción del suelo, que incluye en primera instancia un rastreo intenso, seguido de un sistema secundario de labranza que tiene como objetivo preparar la cama de siembra. La labranza de conservación es un término genérico en el que se “cuestionan” las prácticas de remoción del suelo comúnmente realizadas, y tiene como base la permanencia de los residuos de cosecha como mantillo sobre la superficie del suelo; estas adaptaciones reducen la pérdida del suelo, agua y material orgánica en los terrenos agrícolas. Las prácticas de labranza de conservación incluyen: (i) labranza mínima, considerada como la mínima preparación del suelo requerida para la elaboración de la cama de siembra y establecimiento de la planta, y (ii) no-

labranza/labranza cero/plantío directo, la cual involucra la no preparación de la cama de siembra (Erenstein, 1997; Sturz et al 1997).

Aunque el sistema de labranza de conservación ofrece grandes beneficios relacionados con la pérdida del suelo por efecto de la erosión, su práctica es altamente deseable también por otras razones: la energía ahorrada en las prácticas agrícolas de labranza mínima y labranza cero es substancial; de modo similar, la pérdida de humedad del suelo cubierto con residuos es mucho menor que en suelo desnudo, haciéndola más disponible para el crecimiento del cultivo; promueve un ambiente más favorable para el desarrollo de la biota y cuando no se usan insecticidas, incrementa la fauna habitante del suelo como en el caso de las lombrices de tierra. Adicionalmente, el uso de labranza cero por largo tiempo incrementa la materia orgánica del suelo, ejerce un control de malezas, ofrece una descompactación de capas profundas por la acción de las propias raíces del cultivo y de especies como la lombriz de tierra, etc. (Bailey y Duczek, 1996; Conway, 1996; Graciano, 2000; Bockus y Shoyer, 1998).

Desafortunadamente el efecto de las prácticas de labranza sobre el desarrollo de las enfermedades de las plantas es muy variable, pueden incrementar la incidencia de algunas del mismo modo en el que disminuyen la de otras, o simplemente no tener efecto en el nivel de daño sobre algunas otras. Esto es porque el cambio en el sistema de labranza y la presencia de residuos de cultivo pueden potencialmente incrementar la sobrevivencia del patógeno, incrementar la actividad de organismos antagónicos, modificar las propiedades físicas y químicas del suelo, pueden influenciar la actividad y desarrollo de las raíces, modificar la temperatura y nivel de humedad en el suelo, y pueden afectar la sobrevivencia de organismos vectores de patógenos. Una o todas estas prácticas pueden tener influencia en el nivel de enfermedades de las plantas al inicio de la época de cultivo (Bailey, 1996; Conway, 1996; Kirby; 1985; Sturz et al, 1997; Bockus y Shoyer, 1998).

Actualmente uno de los desafíos de las prácticas de labranza de conservación, sobre todo del empleo de labranza cero, son las enfermedades de la raíz, causadas entre otras razones por la existencia de residuos sobre el terreno de cultivo, la compactación y los cambios de la humedad en el suelo.

2. ENFERMEDADES DE LA RAÍZ EN EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACION

Los patógenos de las plantas pueden ser agrupados de acuerdo a su hospedante en biotróficos o necrotróficos. Los organismos que son nutricionalmente dependientes de su hospedante vivo son conocidos como biotróficos; y dependen de las plantas vivas para sobrevivir y multiplicarse; no sobreviven sobre los restos de los cultivos o sobre material orgánico muerto; se diseminan por medio de esporas transportadas por el viento, agua de lluvia, animales, personas, estructuras de descanso y cuerpos fructíferos en restos de cultivos, micelio dormante, estructuras asociadas a semillas y propágulos libres en el suelo.

Ocurren en terrenos de cultivo, independientemente del sistema de preparación del suelo o de la rotación de cultivos. Los ejemplos más frecuentes son oídio (*Erysiphe*), mildiu (*Peronospora*), carbones (*Ustilago*, *Tilletia*) y royas (*Puccinia*, *Uromyces*, etc). Las royas sobreviven en hospederos alternos (generalmente malezas) que son encontradas en mayor cantidad en sistemas de labranza de conservación cuando no se tiene un manejo adecuado. Cualquier práctica que favorezca el aumento en la población de los hospedantes alternos, estará contribuyendo a la sobrevivencia de los parásitos biotróficos (Anónimo, 2000; Reis, 1993).

Otro grupo de microorganismos, clasificado como parásito facultativo, presentan una fase de su existencia sobre un hospedante vivo denominada fase parasitaria; y otra saprofítica, después de la muerte del hospedante. En esta segunda fase, producen toxinas que causan la muerte de partes de las plantas (manchas foliares) se desenvuelven sobre el tejido muerto, siendo así llamados hongos necrotróficos. Estos patógenos sobreviven sobre los restos de cultivos de un año a otro, antes de que sean descompuestos. En esta categoría se encuentran los agentes

causales de manchas foliares, canchros y pudriciones de raíz (Anónimo, 2000; Reis, 1993).

La rotación con plantas no hospedantes de estos patógenos es esencial en el manejo de las enfermedades causadas por este grupo de microorganismos. En monocultivo los patógenos necrotróficos son realimentados cada 6-7 meses, cuando la misma especie hospedante es resembrada. Las prácticas culturales que resultan en una lenta descomposición de los residuos, favorecen la sobrevivencia de este grupo de patógenos; se puede entonces acelerar esta descomposición reduciendo el tamaño de los residuos (fragmentando o moliendo la paja), aumentando el área de contacto con la superficie del suelo y cubriendo el mismo con otro cultivo no hospedante, proporcionando un ambiente con elevado grado de humedad y aplicando diferentes fuentes de nitrógeno. Los ejemplos más frecuentes son: *Cercospora*, *Phomopsis*, *Colletotrichum*, *Bipolaris*, *Pyrenophora*, *Dreschlera*, *Piricularia*, *Gibberella* y otros. Estos patógenos también sobreviven en hospedantes intermediarios (generalmente malezas), en estructuras de descanso (esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum*) y conidios libres en el suelo (*Cochliobolus sativum*), y en semillas (*Pyrenophora teres*, *Gibberella zeae*, *Fusarium graminearum* etc.) (Anónimo, 2000; Reis, 1993).

Los patógenos que infectan raíces son muy importantes en sistemas de labranza de conservación, algunos de ellos sobreviven en los residuos de cultivos mientras que otros pueden estar en el suelo en esporas de reposo de larga vida o en esporas móviles, sobreviviendo saprofiticamente en el suelo (Bockus y Shoyer, 1998).

2.1 Pudrición de raíz en trigo

Las enfermedades de la raíz más comunes en trigo son el mal del pie causado por *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) von Arx & Oliver, pudrición de la corona causada por *Fusarium graminearum* Schwabe y en menor grado por *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc.; pudrición común de raíz causada por *Bipolaris sorokiniana* (Dacc.) Shoem. y *Fusarium spp* (*F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. crookwellense*, *F. graminearum*, y *F. poae*), raramente por *Curvularia*

ramosa (Bainier) Boedijn; pudrición de raíz causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn; pudrición de raíz causada por *Pythium spp* (Bailey y Duczek, 1994; Bailey et al, 1992; Bockus y Shoyer, 1998; Windels y Wiersma, 1992; Wong, 1985).

La enfermedad conocida como mal del pié causada por *Gaeumannomyces graminis* presenta una mayor incidencia en trigos de invierno, y una mínima afectación en trigos de primavera-verano (Bailey et al, 1992).

Mehta (1981) observó mayor incidencia de pudrición de raíz con el empleo de labranza de conservación comparado con el sistema convencional, condición que se vio influenciada por la sanidad de las semillas empleadas y por la presencia del agente causal más importante en el proceso infeccioso en los residuos del cultivo que permanecieron sobre los primeros 5 – 10 cm del suelo.

La incidencia de pudrición común de la raíz en trigo (*Bipolaris sorokiniana* y *Fusarium spp*), disminuyó en estudios realizados por 3 a 4 años bajo labranza de conservación en Saskatchewan, Canadá (Bailey, 1992). Similarmente, en el norte de Texas la incidencia y severidad de la pudrición de raíz fue significativamente más alta en sistemas de labranza convencional comparado con el empleo de labranza cero (Windels y Wiersma, 1992). Sin embargo según reportes de Windels y Wiersma (1992) el sistema de labranza no afecta la severidad de la enfermedad pero si la incidencia en trigo y cebada.

Las operaciones de labranza también pueden influenciar la proporción de los agentes causales de la pudrición común de la raíz, de este modo, la aplicación de los sistemas de cero labranza reducen la presencia de *Bipolaris sorokiniana*, pero incrementa la presencia de algunas especies de *Fusarium*. *F. graminearum* y *F. avenaceum* las cuales fueron aisladas con mayor frecuencia de parcelas de labranza de conservación, mientras que *F. culmorum* no se vió afectado por el sistema de labranza (Bailey, 1996; Bailey y Duczek, 1994). *Fusarium graminearum*, patógeno del trigo y del maíz es uno de los hongos que presentan mayor adaptación al sistema de labranza cero (Costamilan, 2000).

Las especies de *Fusarium* implicadas en el complejo de la pudrición común de la raíz pueden causar pudrición radical por sí mismas (sin encontrarse en combinación con *Bipolaris sorokiniana*) (Windels y Wiersma, 1992) del mismo modo que otras

especies del mismo género como *F. moniliforme*. El género *Fusarium* se encuentra más frecuentemente en rotaciones en el altiplano, particularmente las que incluyen maíz (Saari, 1986). En lesiones analizadas en 1993, la infección causada por especies rojas no identificadas del género *Fusarium* se incrementan significativamente en labranza cero comparado con el sistema convencional (Bailey y Duczek, 1996)

Uno de los más importantes factores relacionados con la presencia del género *Fusarium* en el suelo es la disponibilidad de agua (Saremi et al, 1999), así por ejemplo, *Fusarium graminearum* y *Fusarium culmorum* se encuentran comúnmente en plantas que sufren estrés hídrico (Hall y Sutton, 1997), condición que se presenta en terrenos manejados con el sistema convencional de labranza.

Fusarium culmorum muestra antagonismo hacia *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, disminuyendo (aunque no siempre), la severidad en los síntomas; asimismo, en algunas ocasiones el daño en la raíz fue menor cuando se encontraban juntos *F. culmorum* y *B. sorokiniana*. Sin embargo el efecto de las mezclas de patógenos sobre la severidad en la enfermedad puede verse influida también por el balance de los factores ambientales (Bateman y Kwanza, 1999).

Pythium spp es conocido porque destruye las finas raíces absorbentes y las raíces aéreas de los cereales y pastos. *Rhizoctonia solani* rodea y separa los ejes de las raíces axilares y primarias, desde que este daño ocurre en los 10 a 15 cm superiores del suelo, las raíces ven severamente restringida su habilidad para explorar el suelo en busca de nutrientes (Cook, 1992).

La densidad del propágulo de algunos géneros de hongos incluyendo patógenos de las plantas de los géneros *Rhizoctonia* y *Pythium*, fueron encontrados con mayor frecuencia en parcelas no labradas que en las que si se realizó esta operación (Bailey y Duczek, 1996; Mehta y Gaudêncio, 1991).

Así mismo, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Pythium spp.* se ven favorecidos por la no aplicación de rotación de cultivos y por las condiciones de humedad en los 10 – 15 cm. superiores de suelos sin remoción (Bailey, 1996).

Comparativamente *Rhizoctonia spp.* es más influenciado por las prácticas de labranza que *Pythium spp.*, porque sobrevive en los residuos de cultivo y es sensible a altos niveles de CO₂ y su población disminuye cuando los residuos de cosecha son

enterrados. Sin embargo *Pythium spp* sobrevive por varios meses como oosporas libres en el suelo, con el arado, únicamente se logra que las oosporas viables regresen a la capa superficial del suelo (Conway, 1996).

Los residuos cubren el suelo y a su vez reducen la temperatura así que estas enfermedades, como por ejemplo el mal del pie en trigos de invierno son más severas y limitan el rendimiento. La susceptibilidad de los cultivos influye también en el incremento de los problemas con enfermedades, la pudrición causada por *Rhizoctonia* fue más severa en cebada que en trigo en estudios realizados en el noroeste de Estados Unidos, especialmente en terrenos no labrados y cultivados continuamente con cereales, ya que ambas especies son hospedantes del patógeno (Bailey, 1996).

La pudrición de la raíz por *Rhizoctonia* es un problema potencialmente severo en áreas semiáridas, en trigos de otoño plantados directamente sobre el rastrojo, pero es más difundido como un problema crónico en áreas labradas anualmente como las de Idaho, Oregon, y Washington (Cook, 1992).

Rhizoctonia cerealis infecta cereales de grano pequeño como el trigo cuando existen condiciones de temperaturas frescas y húmedas en la base de la planta. Sin embargo la temperatura durante la estación de crecimiento del cultivo es el mayor factor limitante de la enfermedad, bajo condiciones controladas, la severidad de la infección disminuye cuando la temperatura se incrementa de 16 a 28°C; identificándose una correlación negativa entre la incidencia de la enfermedad y las temperaturas de otoño y primavera (Hall y Sutton, 1997).

2.2 Pudrición de raíz en maíz

La pudrición radical en maíz es una enfermedad muy común, y se presenta con mayor severidad cuando la planta se encuentra en condiciones de estrés hídrico, excesiva humedad del suelo o mala nutrición. La enfermedad se manifiesta típicamente por el deterioro y senescencia del tejido radical (Chambers, 1987).

Las raíces de maíz se encuentran en un medio de alta población de hongos patógenos en toda época del año, son invadidos por un gran número de ellos.

Aunque las opiniones acerca de cual de ellos es el más importante se encuentran divididas, coinciden en las siguientes enfermedades de raíz: pudrición por *Fusarium*, causada por *Fusarium moniliforme* Sheldon, *Fusarium subglutinans* (Wollenw. & Reinking) Nelson, Toussoun & Marasas comb. nov., *Fusarium graminearum* Schwabe; pudrición por *Helminthosporium* causada por *Helminthosporium maydis* Nisikado y Miyake, *Helminthosporium pedicellatum* Henry; pudrición radical por *Pythium*, causado por *Pythium irregulare*, *Pythium debaryanum* y *Pythium ultimum*; pudrición radical causada por *Rhizoctonia spp*; pudrición carbonosa causada por *Macrophomina phaseolina* pudriciones de raíz causadas por agentes como *Trichoderma spp*, *Phymatotrichum omnivorum* y *Nigrospora spp* (Chambers, 1986; León, 1984; Nazareno, 1981; Romero, 1993).

La pudrición por *Macrophomina phaseolina* es más común en ambientes cálidos y húmedos. La incidencia aumenta rápidamente cuando prevalecen condiciones de sequía y temperaturas altas en época de floración del maíz. El patógeno invade las raicillas de las plántulas, cuando se acercan a la madurez las partes internas de los tallos muestran en la corteza y los haces vasculares la presencia de esclerocios pequeños y negros, los cuales pueden permanecer por varios meses e infectar al cultivo siguiente (León, 1984).

En términos generales la incidencia de pudrición causada por *Fusarium spp* es mayor en el sistema de labranza cero que en el sistema convencional, esto puede ser explicado porque la cantidad de residuos en la superficie del suelo es mayor en el sistema de labranza cero, situación que favorece la esporulación y diseminación del inóculo (Nazareno, 1981).

En estudios realizados por Rimbault y Vyn (1991), se observó un desarrollo en plantas de maíz consistentemente más lento con el empleo de labranza mínima comparado con labranza convencional, lo cual se debe a la reducción en la temperatura de la superficie del suelo causada por la permanencia de residuos (Sumner et al, 1981), esta situación favorece el desarrollo de enfermedades de la raíz inducidas por algunos patógenos del suelo como *Rhizoctonia sp*, *Pythium sp*, y *Fusarium sp*. (Costamilan, 2000).

Aproximadamente 14 días después de la emergencia del cultivo el rol de las raíces seminales de las plantas de maíz es reemplazado por las raíces adventicias, es en este estado, bajo condiciones de baja humedad en el suelo que ocurre la mayor incidencia de pudrición por *Helminthosporium pedicellatum* y *Fusarium moniliforme* y es más severa en raíces seminales y mesocotilo, debido a que empiezan a senecer; posteriormente en plantas jóvenes se ve una disminución en la frecuencia de aparición en los aislamientos, para dominar nuevamente en plantas viejas. Por el contrario *M. phaseolina* se ve incrementada y *F. oxysporum* permanece constante (Chambers, 1986).

En general las especies de *Fusarium* se encuentran en los residuos de cosecha (Munkvold, 1996). Según reportes de Nazareno (1986), la sobrevivencia del inóculo de *Fusarium subglutinans* es de por lo menos 12 meses en presencia del tejido del hospedante, y de 6 a 13 semanas sin el.

La antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum graminicola*, incluye una variedad de síntomas incluyendo la pudrición de raíz, algunos híbridos de maíz son muy susceptibles y pueden ser severamente dañados cuando crecen bajo labranza mínima en monocultivo de maíz. La severidad de la enfermedad está directamente asociada con los residuos en la superficie lo que representa la fuente del inóculo. Consecuentemente, la antracnosis ha sido observada con una alta incidencia en cero labranza comparado con el sistema convencional. *Colletotrichum graminicola* es gradualmente eliminado de los tejidos como saprofitos colonizadores de los residuos enterrados (Nyvall, 1981).

2.3 Patógenos controlados por el empleo del sistema de labranza de conservación

Algunos patógenos causantes de enfermedades de la raíz son parcial o totalmente controlados por el empleo de prácticas de labranza de conservación, entre ellos se incluyen *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* (Wm. G. Sm) Sacc. y *Fusarium avenaceum* (Fr.: Fr.) Sacc. (Bockus y Shoyer, 1998).

3. EFECTO DE LOS TIPOS DE LABRANZA EN LAS ENFERMEDADES

El impacto que sobre las enfermedades tienen las prácticas de labranza se ve influenciado por factores como la especificidad del patógeno en relación al cultivo usado en rotación, a la biología y mecanismos de dispersión y supervivencia del patógeno además de factores ambientales (Bailey, 1996) que frecuentemente se encuentran relacionados con el cambio en las propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación.

3.1 Efecto de la compactacion del suelo en la incidencia de patógenos

La interacción entre las raíces de las plantas y los patógenos rara vez es predecible, de igual manera los patógenos pueden responder de manera diferente a la aereación, penetración de las raíces en el suelo y estrés hídrico determinados por la compactación del suelo (Sturz et al, 1997). Esta compactación en el sistema de labranza cero puede ocurrir por causa del uso de la sembradora, la cosecha o la aplicación de pesticidas y fertilizantes durante períodos en los que el suelo se encuentra con exceso de agua; en este caso el uso de surcadores adaptados a las sembradoras para romper la “costra” de la superficie donde las raíces se desarrollan; aunque en condiciones normales se sabe que la descompactación y reestructuración del suelo en labranza cero es resultado de la acción de las raíces, lombrices, insectos y de la expansión y contracción por efecto del agua de lluvias. La paja y la actividad biológica son más eficientes a mediano y largo plazo que el uso de arados y subsoleadores (Anónimo,2000).

Cuando la penetración radical es restringida o la porosidad del suelo es reducida el crecimiento del cultivo puede verse afectado; ya que esta compactación restringe el flujo de agua, resultando en largos períodos de saturación de la humedad del suelo; esto puede aumentar la incidencia de enfermedades de la raíz causada por la acumulación de concentraciones tóxicas de sales, pesticidas o fitotoxinas. De manera similar, la excesiva compactación del suelo puede reducir la biomasa

microbiana y la actividad enzimática con implicaciones adversas en la sanidad de los suelos (Costamilan, 2000; Sturz, et al, 1997).

Con la disminución de labranzas, la concentración de oxígeno depende de la transformación microbiana de carbono y nitrógeno, en este sentido los residuos de cultivo con elevada relación carbono nitrógeno como el maíz y el trigo resultan en una descomposición lenta y si el objetivo es una mayor disponibilidad de nutrientes a lo largo del tiempo y la protección del suelo por más tiempo y no una mayor aireación, cultivos como estos son recomendables (Anónimo, 2000; Sturz, et al, 1997).

Bajo condiciones de secano el suelo bajo labranza de conservación tiende a la anaerobiosis, y si existe además un drenaje deficiente cuando llueve se produce una sobresaturación con la consecuente deficiencia de oxígeno. Una reducida aireación por la baja porosidad del suelo puede aumentar el proceso de desnitrificación y las pérdidas de nitrógeno gaseoso en mayor proporción en un suelo bajo labranza de conservación que un suelo con labranza convencional (Sturz et al, 1997).

La sobrevivencia y distribución del inóculo del patógeno es influenciada por la compactación del suelo, en los sistemas de labranza de conservación esta compactación altera el ambiente óptimo de desarrollo y distribución de las estructuras de propagación fungosas, las cuales, acompañadas de un mal drenaje pueden incrementar la concentración de inóculo cerca del suelo duro de fitopatógenos hidrofílicos como *Pythium* y *Phytophthora*; en contraste, en condiciones de secano y buena aireación se puede incrementar la actividad de hongos como *Fusarium*, el cual posee una ventaja en competitiva ecológica sobre microflora residente en estas condiciones (Kenneth, 1996; Sturz, et al, 1997).

Durante el proceso de descomposición de la paja ocurre la inmovilización del nitrógeno y un aumento en la producción de CO₂; con el tiempo la relación carbono nitrógeno, el nivel de humus y la población de los microorganismos tiende a estabilizarse y ocurre el proceso de mineralización y liberación de amonio. Si los residuos tienen la relación carbono–nitrógeno baja, entonces la actividad de patógenos poco competidores (en relación a la disponibilidad de nitrógeno) puede verse incrementada. Un ejemplo de ello se encuentra en el género *Fusarium* que se

conoce como poco competidor y no puede infectar a la planta sin un adecuado nivel de nitrógeno disponible (Kirby, 1985; Sturz et al, 1997).

La pudrición común de raíz en cereales está influenciada por alteraciones en las condiciones del suelo resultado del empleo de sistemas de labranza de conservación. La incidencia y severidad de la pudrición causada por *Bipolaris sorokiniana* en trigo es más severa en condiciones de baja humedad y temperatura alta. En contraste, algunas especies de *Fusarium* son más abundantes en condiciones de humedad alta en el suelo, aunque condiciones de inundación pueden reducir la población (Bailey y Duczek, 1996; Hall y Sutton, 1998).

Varias especies de *Pythium* atacan maíz y trigo (Bockus y Shoyer, 1998; Romero, 1993), causando pudrición de la semilla y raíz, estas especies sobreviven en el suelo por largo tiempo por medio de esporas de reposo de larga duración que flotan en los suelos húmedos tratados con labranza de conservación (Bockus y Shoyer, 1998).

3.2 Suelos supresores de enfermedades en labranza de conservación

Un alto nivel de propágulos fungosos no siempre es directamente proporcional a una alta incidencia de enfermedades; por lo tanto en sistemas de labranza de conservación la incidencia de pudrición de la raíz no es siempre económicamente importante. Esto sucede en suelos altamente estables donde la sobrevivencia o actividad patogénica de organismos virulentos se ve suprimida por las propiedades supresoras del suelo. Un suelo supresor de enfermedades es aquel en el que existe un equilibrio entre organismos benéficos y patógenos, es decir, aún cuando el patógeno se establezca no alcanza el umbral económico (Cook, 1991; Sturz et al, 1997).

La fungistasis es una manifestación de estos suelos supresores. En este caso las esporas del hongo entran en un período de reposo en contacto con el suelo natural resultando en un estado fungistático hasta que los exudados radicales del hospedante provocan la germinación. Suelos pesados pueden dar fuerza al fenómeno de fungistasis más que los suelos ligeros ; sin embargo la fungistasis ha sido

fuertemente mostrada en suelos con alta actividad microbiológica y alto contenido de materia orgánica; consecuentemente el empleo del sistema de labranza de conservación en el cual se incrementa el contenido de materia orgánica puede, por extensión, ser bueno para producir condiciones favorables para desarrollar suelos fungistáticos (Cook, 1991; Sturz et al, 1997).

3.3 Densidad de inóculo, capacidad del inóculo y potencial para producir enfermedad

Dos propiedades de los organismos causantes de enfermedades son usadas para predecir el evento infectivo: densidad de inóculo (número de propágulos individuales presentes en el suelo, capaces de infectar al hospedante) y potencial del inóculo (la virulencia o frecuencia de agresión del patógeno) considerada “la máxima capacidad de la población de un patógeno para infectar completamente, tejidos de plantas susceptibles bajo condiciones óptimas” (Sturz et al, 1997).

La presencia de un gran número de propágulos infectivos en la capa superficial del suelo combinado con condiciones ambientales favorables, incrementa la pudrición de la raíz y la disminución del rendimiento que originaría el empleo de sistemas de labranza de conservación (Sturz et al, 1997).

La intensidad de las enfermedades de las plantas está en función de la densidad de inóculo disponible para la infección (Reis, 1993); sin embargo en especies como *Bipolaris sorokiniana* aún cuando el nivel de inóculo en sistemas de labranza cero es reducido en comparación con el sistema convencional, la densidad de inóculo no tiene influencia en el nivel de severidad de la enfermedad. De este modo se puede esperar que un máximo nivel de enfermedad ocurra con un número muy bajo de conidios. La razón por la que exista un bajo nivel de inóculo bajo cero labranza es desconocida. Esto puede ser debido a la reducción en la esporulación sobre la superficie de los residuos o la baja sobrevivencia; por ejemplo, los hongos son sensibles a las temperaturas bajas y los conidios sobre los residuos pueden estar expuestos a ellas más que cuando son enterrados por la cultivación (Bailey y Duczek, 1996).

La distribución de los conidios de *Bipolaris sorokiniana* en el perfil del suelo cambia con la labranza: en labranza cero la mayoría del inóculo se encuentra en la parte superficial del perfil mientras que en el sistema convencional las operaciones de labranza redistribuyen el inóculo en el perfil del suelo. En trigo, el sitio de penetración del hongo fue principalmente por la corona y tallo basal, donde la paja fue retenida, y por el entrenudo de la corona donde la paja fue incorporada. Este hecho refleja la distribución del inóculo resultado de las diferentes prácticas de manejo (Bailey y Duczek, 1996).

4. EFECTO DEL MANEJO DE RESIDUOS EN LA INCIDENCIA DE PATÓGENOS

Los residuos orgánicos, además de la influencia sobre la temperatura y retención de humedad, evitan las pérdidas por evaporación y escorrentía, controla de la erosión (Karlen et al, 1994; Lafond et al, 1996). La presencia de residuos puede afectar la incidencia de las enfermedades porque proveen un excelente hábitat para patógenos que sobreviven entre ellos, sirviendo como un refugio y fuente de alimento durante su periodo saprofítico, además influye en factores como nutrición, fertilización y organismos antagónicos, afectan el crecimiento y multiplicación de patógenos asociados con los residuos, pueden alterar los componentes físicos y químicos del suelo creando un ambiente que puede ser hostil o benéfico para el patógeno o el hospedante, en el proceso de descomposición del hospedante puede proveer de sustancias benéficas y/o tóxicas para los patógenos asociados con los residuos o para los organismos que compiten con ellos (Bailey, 1996; Bailey y Duczek, 1996; Bockus y Shoyer, 1998; Boosalis et al, 1981; Kirby, 1985).

En labranza de conservación se pueden dejar relativamente grandes cantidades de residuos sobre la superficie del suelo. Subsecuentemente la descomposición de los mismos puede llevar a la liberación de fitotoxinas o aleloquímicos y a la estimulación de microorganismos produciendo toxinas. El desarrollo radical y foliar de las plantas puede verse adversamente afectado provocando la reducción del rendimiento, además las fitotoxinas pueden predisponer

a las plantas al ataque de los patógenos, o bien aminorar el efecto de las enfermedades de las plantas protegiéndolas del ataque de los patógenos (Sturz, et al, 1997).

La velocidad de descomposición de los residuos determina la habilidad del inóculo para permanecer viable de una estación a otra. El índice de descomposición de residuos de cereales es más bajo con un bajo potencial hídrico, y temperaturas también bajas (Bailey y Duczek, 1996). Bajando la temperatura del suelo por efecto de los residuos en sistemas de cero labranza, el inóculo de verano puede entrar en reposo (Bailey y Duczzzek, 1996); la misma reducción de la temperatura puede retardar la germinación y desarrollo de las plántulas, esta situación favorece el ataque de patógenos habitantes del suelo como *Rhizoctonia spp*, *Pythium spp* y *Fusarium spp* (Costamilan, 2000). Las especies del género *Fusarium* que sobreviven a muy bajas temperaturas son *F. acuminatum*, *F. compactum*, *F. equiseti* y *F. torulossum*, todas ellas excepto *F. acuminatum* sobreviven también en altas temperaturas (Saremi et al, 1999).

Estudios realizados en parcelas de labranza de conservación por Fernández y Fernández (1990), se aislaron de residuos de trigo y soya los hongos fitopatógenos *G. zae*, *C. sativus*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. acuminatum*, *F. semitectum* y *F. moniliforme*.

Según Pereyra (1999), enterrar los residuos acelera su descomposición y reduce significativamente la presencia del inóculo de *F. graminearum* en trigo.

Quemando los residuos de cultivo, se disminuye notablemente la presencia de inóculo de *Pythium spp* en los 3-5 cm superiores del suelo, sin embargo además de los efectos negativos relacionados con la producción de humo que se traduce en polución del aire, se observa una notable pérdida de materia orgánica en el suelo (Conway, 1996). Un suelo libre de paja tiene menos humedad y sufre de marcadas fluctuaciones de la temperatura que en un suelo cubierto, el paso del arado de vertedera incrementa la sequía y la temperatura en el suelo; y la actividad de *Bipolaris sorokiniana* se ve favorecida por estas condiciones (Eilam et al, 1992).

4.1 Influencia de los organismos antagónicos en la población de hongos fitopatógenos

La abundancia de la paja en la superficie y la ausencia de la preparación física del suelo, vuelven a establecer los organismos que existían en los campos naturales, y la posibilidad de la aplicación de un control biológico es mayor. Un microclima húmedo, con menor variación en la temperatura, una cama protegida por la paja, favorece el desarrollo de hongos y bacterias antagónicos de los organismos patógenos y degradadores de la materia orgánica. Por lo tanto el empleo de sistemas de labranza cero con paja en la superficie beneficia y aumenta la actividad biológica y promueve el control natural de las enfermedades (Anónimo, 2000).

Según Kennedy (1995), en los sistemas de cero labranza, son los hongos los responsables de la mayoría de los procesos de descomposición y las bacterias las que se encargan de hacer lo propio en los sistemas de labranza convencional. En los sistemas de labranza cero, la mayor parte de la actividad microbiana ocurre cerca de la superficie del suelo; por el contrario en sistemas de labranza convencional se distribuye en la capa arable (Kennedy, 1985).

La población microbiana habitante del suelo incluye bacterias como *Pseudomonas* fluorescentes, las cuales ejercen control sobre *G. graminis* y la pudrición de raíz causada por *Rhizoctonia solani*, uno de los mecanismos de supresión involucra la competencia por una cantidad limitante de nutrientes como el fierro, bajo condiciones de suelos alcalinos. Atkinson et al, citado por Wong (1985) asocia la reducción de la pudrición de raíz común causada por *Bipolaris sorokiniana* con una alta población de bacterias antagonistas en la rizósfera y la atmósfera.

Hongos como *Trichoderma* spp son conocidos como antagónicos de varios patógenos y por lo tanto puede ser considerado como un organismo benéfico (Dhillon 1993) pero, la presencia de este hongo siempre sucede sobre las raíces, y su efecto puede depender de su densidad sobre ellas de manera individual. Su efecto fue relacionado en Australia con la acidificación del suelo (Bateman y Kwasna, 1999).

Estudios en Etiopía revelan la ayuda que ejerce *Trichoderma viride* sobre el control de *Fusarium oxysporum*, con el consecuente efecto en el rendimiento (Loban,

1990). La disminución en el ataque por *R. solani* fue asociada con el natural incremento de *Trichoderma harzianum* en el suelo; además con la aplicación de esta especie mediante pelets o geles a la semilla controló un gran número de patógenos habitantes del suelo de varios sistemas de cultivo (Conway, 1996).

5. EFECTO DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS EN LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES DE LA RAÍZ

La rotación de cultivos desde un punto de vista fitopatológico consiste en dejar las plantas sobre el terreno de cultivo, antes de que ocurra su completa descomposición microbiana y consecuentemente la eliminación de los patógenos del área cultivada (Reis, 1993).

Se sabe que el monocultivo puede modificar el ambiente a través de la absorción selectiva de nutrientes, excreciones radicales, microvida específica asociada a la rizósfera, efecto del metabolismo radical sobre el pH del suelo, absorción y transpiración de agua y descomposición de restos vegetales que retomarían el suelo. Además el monocultivo también promueve mayor incidencia de plagas enfermedades y ocurrencia de plantas dañinas (Marques y Carlos, 2000).

Por lo tanto, si en los sistemas convencionales de labranza la rotación de cultivos es importante, en labranza cero es esencial para prevenir las pérdidas en el rendimiento asociadas con el monocultivo y prevenir la aparición de enfermedades (Sturz, 1997).

El monocultivo de maíz y trigo es un grave problema y por ello varios patógenos del trigo y maíz son favorecidos por la no aplicación de la rotación de cultivos, entre ellos se encuentran los causantes de la pudrición de raíz común (*B. sorokiniana* y *Fusarium spp*), pudrición del pie del trigo por *G. graminis*, pudrición radical por *Rhizoctonia solani* y la pudrición por *Pythium spp* (Cook y Haglund, 1991; Reis, 2000).

Generalmente la incidencia de *B. sorokiniana* bajo el sistema de labranza cero es baja, este hongo esporula muy poco en cebada y en trigo, moderadamente en centeno, avena y triticale y pobremente en canola alfalfa, girasol y otros pastos forrajeros. Tomando en cuenta las especies hospedantes se recomienda hacer un

programa de rotación del cultivos incluyendo especies no patogénicas (Bailey y Duczek, 1996; Santos *et al*, 1996).

Cuando se incluye maíz en la rotación, generalmente se tiene una mayor incidencia de pudrición de raíz causada por *Fusarium spp*.

Pythium spp redujo su incidencia en rotación trigo-barbecho por la quema de la paja y aplicación de estiércol (Smiley *et al*, 1989).

Smiley y Wilkins citados por Bailey (1996) encontraron que *Rhizoctonia* fue más severa en cebada que en trigo, especialmente en suelos bajo labranza cero y cultivados continuamente con cereales.

No obstante no todos los patógenos pueden ser controlados por rotación de cultivos; por ejemplo, hongos habitantes del suelo que son omnívoros tales como *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani* no pueden controlarse efectivamente con rotación de cultivos (Conway, 1996),

6. EFECTO DEL MANEJO DEL SUELO Y DEL CULTIVO EN EL RENDIMIENTO

La rotación de cultivos no siempre resulta en incrementos en el rendimiento de trigo, y los beneficios en el cultivo del maíz son obvios. Por esa razón, las ventajas de la rotación de cultivos pudieran no aparecer cuando es analizado solo el rendimiento, o bien el rendimiento de un solo año de cultivo (Reis, 1993).

La respuesta del rendimiento a los sistemas de labranza de conservación varía de un lugar a otro, de las características del suelo, del clima local, del patrón de cultivos, y la habilidad para el manejo. En general, pruebas de campo de largo plazo, con moderado a buen drenaje muestran un ligero aumento en el rendimiento en sistemas de cero labranza comparado con el sistema convencional (Anónimo, 1996).

Algunos resultados evidencian leves reducciones en la producción de granos en los dos primeros años bajo labranza cero y posteriormente se recuperan a partir del tercero. La justificación a esta hipótesis está asociada a la inmovilización de nutrientes y a la compactación del suelo. Las reducciones también pueden ser explicadas por la aplicación de procedimientos inadecuados en el proceso relacionados con la deficiencia de nitrógeno, el uso exagerado de fertilizantes, una

siembra sin surcador, el uso inadecuado de herbicidas y a problemas de población de plantas. Observaciones recientes, entretanto, evidencian que los rendimientos en los terrenos de cultivo bajo labranza cero conducidas de forma adecuada, son más elevados, ya a partir del primer año. La comprensión del ciclo del nitrógeno y su inmovilización en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, es fundamental para el manejo de los residuos y el aumento de la producción (Anónimo, 2000).

En estudios realizados por Kirby (1985), se demuestra que el desarrollo radical es menor en parcelas con paja, el crecimiento y rendimiento del cultivo fue más alto. Varias posibilidades pueden explicar este hecho incluyendo los bajos niveles de evaporación, la reducción de la temperatura del suelo y la mayor capacidad de retención de agua. Todos estos factores reducirían el estrés en las plantas reduciendo las pérdidas en el cultivo, especialmente debidos a los patógenos que normalmente parasitan solo debilitando a las plantas.

Estudios en Minnessota revelan diferencias significativas en el rendimiento de trigo, siendo la más afectada en el rendimiento la parcela correspondiente a labranza mínima (Windels y Wiersma, 1992). Por otra parte en trabajos realizados en Georgia el rendimiento de grano en monocultivo de maíz en la época de primavera disminuye de 11.3 a 7.2 ton/ha (Sumner et al, 1990).

Según Bailey (1996) las enfermedades radicales reducen el rendimiento en un 5% en labranza convencional comparado con labranza cero.

El rendimiento de maíz disminuyó en labranza mínima con monocultivo maíz y con rotación maíz trigo entresebrado con trébol comparado con labranza convencional (Raimbault y Vyn, 1991).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

El presente estudio es parte de un proyecto de larga duración que se inició en 1991, en el campo experimental “El Batán” del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en el municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 31' Latitud Norte y 98° 50' Longitud Oeste; a 2249 msnm.

La precipitación promedio anual de la zona es de 625 mm, la temperatura mínima promedio de 5°C y una temperatura máxima promedio de 23.3°C. El suelo corresponde a un vertisol, con textura arcillosa.

El experimento involucró la evaluación de dos sistemas de labranza (cero y convencional), cuatro secuencias de rotación de maíz y trigo y dos modalidades de manejo de residuos (cuadro 1). Se empleó un diseño experimental en bloques al azar con dos repeticiones y con la unidad experimental de 7.5 X 22cm.

CUADRO 1 TRATAMIENTOS EMPLEADOS.

NO. TRAT.	ROTACIÓN	LABRANZA	MANEJO DE RESIDUOS
1	T-T	CERO	PERMANENCIA
2	T-T	CERO	REMOCIÓN
3	M-M	CERO	PERMANENCIA
4	M-M	CERO	REMOCIÓN
5	T-M	CONVENCIONAL	PERMANENCIA
6	T-M	CONVENCIONAL	REMOCIÓN
7	T-M	CERO	PERMANENCIA
8	T-M	CERO	REMOCIÓN
9	T-T	CONVENCIONAL	PERMANENCIA
10	T-T	CONVENCIONAL	REMOCIÓN
11	M-M	CONVENCIONAL	PERMANENCIA
12	M-M	CONVENCIONAL	REMOCIÓN
13	M-T	CERO	PERMANENCIA
14	M-T	CERO	REMOCIÓN
15	M-T	CONVENCIONAL	PERMANENCIA
16	M-T	CONVENCIONAL	REMOCIÓN

T = trigo; M = maíz.

El sistema de labranza convencional consistió en una aradura con arado de discos a 20 cm de profundidad, dos pasadas con rastra de disco y una con rastra escarificadora para terminar la cama de la semilla.

Para el sistema de labranza cero únicamente se requirió de la ayuda de la sembradora. El maíz fue sembrado a 5 cm de profundidad y el trigo entre 2 y 3cm.

La permanencia de residuos de la cosecha anterior comprendió la incorporación de la totalidad de los mismos en el sistema de labranza convencional o simplemente la retención sobre la superficie del suelo para la labranza cero.

El tratamiento que comprende la remoción de los residuos requirió la utilización de un rastrillo para retirar mecánicamente el residuo aéreo permaneciendo en el suelo las raíces y coronas.

El experimento se estableció bajo condiciones de temporal, aplicando 120 Kg de nitrógeno por hectárea en etapa del primer nudo, empleando como fuente fertilizante NH_4NO_3 para el trigo y en etapa de cuarta o quinta hoja para el maíz, usando urea como fuente de nitrógeno.

Se emplearon 100 kg. de semilla de trigo por hectárea y 25 Kg de semilla de maíz por hectárea.

2. EVALUACION DE PUDRICION DE RAIZ

En agosto del 2000, a las 11 semanas posteriores a la siembra fueron colectadas 10 plantas de maíz o trigo según el caso de cada parcela experimental tomadas al azar, sacudiendo en cada una de ellas el exceso de suelo.

El sistema radical de ambas especies se lavó con agua corriente para facilitar la evaluación de las lesiones.

Para evaluar pudrición en raíces primarias y secundarias en maíz se utilizó una escala porcentual que representa el grado de severidad en el daño tomado de Sumner et al, 1990 como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2 Evaluación de daño en raíces de maíz.

DAÑO	VALOR
<25% de raíces con pocas lesiones	0
>25% de raíces con lesiones	1
<50% de raíces con lesiones	2
<75% de raíces con lesiones	3
>75% de raíces con lesiones	4

Tanto raíces seminales como las del primer nudo (corona) y macollos de trigo se evaluaron siguiendo la escala de Schillinger et al, 1999, que se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3 Evaluación de daño en raíces de trigo.

DAÑO	VALOR
No existen lesiones evidentes	0
<25% de raíces con una lesión	1
<50% de raíces con pocas lesiones	2
>50% de raíces con pocas lesiones	3
<50% de raíces con pocas lesiones dentro de 10mm de las raíces seminales o de la corona	4
>50% de raíces con lesiones dentro de 10mm de las raíces seminales o de la corona	5
>50% de las raíces con menos de 30mm de longitud (seminales o de la corona)	6
Casi sin raíces o con el entrenudo bajo la corona necrosado	7

3. AISLAMIENTO DE RAIZ

De las raíces que presentaron síntomas de pudrición se tomó una muestra representativa según las características de la lesión, de cada parcela experimental, para posteriormente realizar aislamientos de raíz.

Materiales requeridos:

Vasos de precipitado, gasas, ligas, tijeras, bisturí, navajas para bisturí, pinzas, alcohol, agua destilada estéril, solución de hipoclorito de sodio al 5%, papel filtro estéril y cortado en cuadros, cámara de flujo laminar, medio de cultivo agarizado (PDA) adicionado con 50 mg/l de sulfato de streptomina (SIGMA), para film, y cámara de crecimiento.

Según Burgess et al (1988), el aislamiento de especies de *Fusarium* de plantas se ve influenciado por la naturaleza del tejido afectado, el método de esterilización de la superficie del mismo, el procedimiento de "siembra", el medio de cultivo y las condiciones de incubación. Estos factores son aplicables también en el aislamiento de otros géneros de hongos fitopatógenos.

El tejido seleccionado para la siembra no debe estar dañado por implementos agrícolas o insectos y/o encontrarse demasiado necrótico y viejo debido a que implicaría estar intensamente colonizado por organismos saprofitos. Así mismo metabolitos tóxicos presentes en tejidos muy necrosados pueden inhibir el crecimiento del hongo. Entonces, de manera ideal al tratarse de plantas provenientes de campo se eligieron tejidos recientemente infectados para la realización de los aislamientos. Con el objeto de minimizar el crecimiento de hongos saprofitos y bacterias, las mezclas se mantuvieron en refrigeración a 5°C hasta llegado el momento de realizar los aislamientos.

El procedimiento adoptado para la esterilización de la parte superficial de la raíz consistió en primera instancia en colocar porciones de las raíces infectadas en un vaso tapado con una gasa, dejando caer el chorro de agua sobre él durante aproximadamente 30 minutos. Posteriormente se esterilizaron en una solución de agua destilada estéril y 5% de hipoclorito de sodio durante treinta segundos, y se enjuagaron durante 30 segundos más en agua destilada estéril.

Las muestras se secaron sobre papel filtro. El objetivo de este secado es inhibir el crecimiento de bacteria en el cultivo.

Una vez limpio y desinfectado el material se cortó en trozos pequeños de 1 a 2 mm de longitud. Dicha medida evita que patógenos de crecimiento lento sean cubiertos

por saprofitos de crecimiento rápido. Se sembraron finalmente en cajas petri en medio de cultivo agarizado (PDA) adicionado con 50 mg/l de sulfato de streptomina (SIGMA), se incubaron en condiciones de alternancia de luz y sombra a 22°C, hasta observar crecimiento.

A partir del proceso de desinfección el procedimiento debe seguirse dentro de la cámara de flujo laminar.

4. PURIFICACIÓN DE HONGOS

En algunos casos es difícil separar dos hongos que se encuentran desarrollándose juntos, según los hongos esporulen o no, estos tipos de purificación se pueden hacer con las técnicas de cultivo de punta de hifa o monospóricos (French y Hebert, 1982).

Materiales requeridos:

Tubos de vidrio con tapa, asa-aro, asa-espátula, bisturí, navajas para bisturí, agua destilada estéril, agitador vortex, cámara de flujo laminar, alcohol, microscopio estereoscópico, mecheros, medio de cultivo.

Cultivos monospóricos.

Esta técnica fue originalmente desarrollada por Hansen y Smith en 1932, y modificada más tarde por Hansen (Burgess et al, 1988).

Se preparan cajas petri con agar agua 7 días antes de hacer los cultivos monospóricos, para que llegado el momento se encuentren secas. Se esterilizan tubos con 9 y 10 mililitros de agua destilada.

Dentro de la cámara de flujo laminar se hace una suspensión de conidios de la siguiente manera: con un asa-aro se toma una gota de agua estéril del tubo con 10 ml y con ella se toman esporas de la colonia en cuestión; se introduce nuevamente en el tubo y se agita durante 30 segundos.

Con 1 ml de la suspensión se hace una dilución (1:10) en el tubo con agua destilada, que se agita de la misma manera que el anterior.

Con ayuda de una micropipeta se coloca 1 ml de una y otra suspensión cada uno en una caja petri con agar agua. Las cajas se colocan inclinadas para desechar el exceso de líquido.

Se incuban en la cámara de crecimiento por 18 a 20 horas.

Con un microscopio estereoscópico se ubican los conidios que para entonces empiezan a germinar, asegurándose que no se encuentre otro en su cercanía, con una asa-espátula se corta un pequeño bloque de agar que la contenga y se transfiere al medio deseado.

Cuando la esporulación del hongo es pobre o nula se corta un pequeño fragmento de la colonia y se coloca en tubos con agua destilada estéril, se agita por 30 segundos, con la ayuda de la micropipeta se toman 50µl de la suspensión y se vierten sobre el agar agua, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior.

Cultivos de punta de hifa

Cuando el hongo en estudio no produce conidios o no los ha producido aún, en el agar agua bajo el microscopio estereoscópico se observa crecimiento de hifas separadas a partir de micelio, se ubica entonces una punta y se corta detrás de la célula terminal con una asa-espátula formando un pequeño bloque y se transfiere al medio deseado para que crezca.

5. PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

El objetivo de la realización de estas pruebas es comprobar si un microorganismo que se ha aislado es patogénico o no, es decir cumple con los postulados de Koch.

1. El microorganismo siempre debe estar asociado con la enfermedad, y la enfermedad no debe presentarse sin que el organismo o agente causal se encuentre presente o haya estado presente.
2. El microorganismo en cuestión debe ser aislado en cultivo puro y sus características determinadas.
3. La inoculación del microorganismo debe resultar en los mismos síntomas de la enfermedad.

4. El microorganismo debe ser reaislado y sus características deben coincidir con las determinadas en el segundo postulado.

Para tal efecto, en el presente estudio se usaron para la preparación del inóculo cultivos monospóricos conservados en un medio bajo en nutrientes o sobre papel filtro para evitar la pérdida de virulencia en ellos.

Es importante tener presente la influencia del suelo sobre las enfermedades causadas por patógenos habitantes del mismo; por ejemplo, la presencia de microflora antagónica en suelos no esterilizados inhibe la actividad de organismos fitopatógenos, motivo por el cual en la realización de estas pruebas se utilizó suelo esterilizado con vapor a 100°C por dos horas; además las macetas requeridas se encontraban limpias y libres de inóculo.

Materiales requeridos

Macetas de plástico, suelo esterilizado con vapor, matraces, tapones de algodón, bisturí, navajas para bisturí, cámara de flujo laminar, autoclave, cámara de crecimiento, espátulas, alcohol, toallas de papel, lupa, tijeras, bolsas de plástico.

Incremento de inóculo

En matraces se colocaron granos de avena y agua destilada en proporción 1:2 p/v, se cubrieron con tapones de algodón, se metieron al autoclave por 30 minutos, y 24 horas más tarde se repitió el proceso.

En la cámara de flujo laminar, se cortaron tres fragmentos de la colonia, se introdujeron en los matraces con avena y se metieron en la cámara de crecimiento bajo condiciones de alternancia de luz y sombra a 22°C de temperatura.

Inoculación de suelo

Una vez colonizados los matraces con avena se inocularon seis macetas con suelo estéril por cepa con aproximadamente 5 gramos de grano de avena mezclando para uniformizar, finalmente para lograr el crecimiento adecuado del hongo, se regaron las macetas.

Siembra y desarrollo de las plántulas

Ocho días después de inoculado el suelo se sembraron tres macetas con cinco semillas de trigo cada una y tres más con tres semillas de maíz.

Las condiciones en el invernadero se mantuvieron constantes a 20°C de temperatura por la noche y 24°C en el día, la humedad en las macetas se mantuvo en condiciones óptimas mediante la aplicación periódica de riegos.

Cosecha y evaluación de síntomas

En estado promedio de tres hojas se sacaron las plantas de las macetas, se les sacudió el suelo teniendo cuidado de no dañar las raíces; se lavaron con agua corriente.

Con la ayuda de una lupa se observó la presencia o ausencia de síntomas de pudrición. Se cortaron los fragmentos de raíz dañados y se colocaron sobre toallitas de papel y se humedecieron con agua destilada, se guardaron dentro de una bolsa de plástico en refrigeración a 5°C hasta llegado el momento de realizar los aislamientos.

Antes de su conservación, se hizo una selección de cepas que debían evaluarse en las pruebas de patogenicidad, descartando especies como *Stemphylium sp*, *Trichoderma sp*, *Phoma sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*.

6. IDENTIFICACIÓN DE CEPAS PATOGENICAS

Se observaron al microscopio las cepas obtenidas en los aislamientos de raíz de las pruebas de patogenicidad para comprobar que efectivamente se tratara de la cepa inoculada y se procedió a la identificación.

Materiales requeridos

Medio de cultivo adecuado para identificación según el género (CLA, PDA, V8, Agar agua), microscopio, porta y cubre objetos, mecheros, agua destilada, claves de identificación.

Las cepas de *Fusarium spp* con presencia únicamente de macroconidios, así como las de especies diferentes a este género se identificaron basándose en las características de la colonia, forma de los conidio y conidióforos básicamente. Aquellas cepas de *Fusarium spp* que presentaron micro y macroconidios se identificaron según la técnica descrita por Burgess *et al* (1985) y Nelson *et al* (1983).

7. CUANTIFICACIÓN DE *Fusarium* EN EL SUELO

Materiales requeridos

Medio selectivo para aislamiento de *Fusarium spp* del suelo, matraces, micropipeta, puntas para micropipeta, dosificador, balanza granataria, estufa.

Se realizó un muestreo de suelo (profundidad de 0-15 centímetros), colectando tres muestras por parcela experimental y se guardaron a 4°C hasta que fueron requeridas para el análisis (aproximadamente una semana después).

Para la cuantificación de *Fusarium spp.* en el suelo se prepararon matraces con 45 mililitros de agua estéril, se mantuvo en agitación por 30 minutos a 300rpm y se procedió a la dilución del suelo en proporción 1:1000 y 1:10000.

Se tomó 1 mililitro de la dilución 1:1000 y se vació a cajas petri (5 repeticiones por dilución por tratamiento), de igual forma se procedió con la dilución 1:10000. En cada caja de petri se vacían 8 mililitros de medio selectivo y se mezcló con movimientos suaves.

Las cajas petri se pusieron en incubación a 22°C hasta obtener el desarrollo de colonias visibles (aproximadamente 7 días después).

El peso seco fue evaluado secando 1 gramo de suelo a 105°C por 24 horas.

Los resultados se expresan en Unidades Formadoras de Colonias (CFU) por gramo de suelo seco de acuerdo a la siguiente fórmula:

No. de CFU por gramo de suelo seco = (no. promedio de colonias)/(factor de dilución)/peso seco del suelo.

8. ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico se hizo mediante el Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999), empleando el procedimiento PROC GLM en el análisis de varianza de la evaluación de pudrición de raíz y el PROC GENMOD para detectar diferencias entre aislamientos de *Fusarium spp* patogénicos.

El estudio se complementó con la comparación múltiple de medias por contrastes ortogonales (entre grupos de tratamientos) al 0.05 y 0.01 de nivel de significancia.

RESULTADOS

INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE RAÍZ EN TRIGO

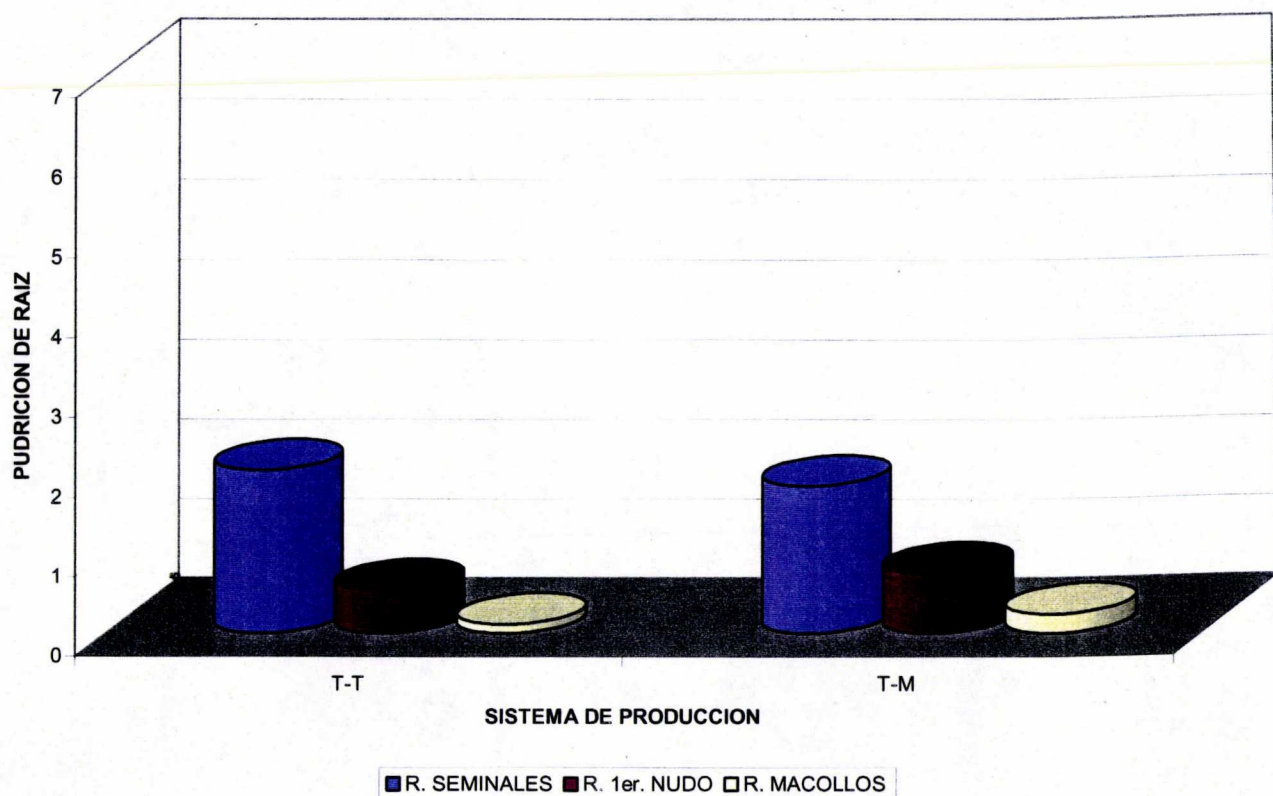
La pudrición de raíces seminales, raíces del primer nudo y raíces de los macollos en el cultivo del trigo no muestran diferencias estadísticas significativas para ninguna fuente de variación.

Cuadro 4. Análisis de Varianza para la incidencia de pudrición en raíces seminales, raíces del primer nudo y raíces de los macollos del cultivo de trigo bajo diferentes sistemas de labranza, rotación de cultivos y manejo de residuos.

FUENTE DE VARIACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE DE VARIACIÓN	Pr > F		
		R. SEMINALES	R. 1 ^{er} NUDO	R. MACOLLOS
TRATAMIENTOS	COMBINACIÓN DE EFECTOS (LABRANZA X ROTACIÓN X RESIDUOS)	0.1310	0.4903	0.5856
CONTRASTES: TT vs TM	MONOCULTIVO TRIGO vs ROTACIÓN TRIGO-MAÍZ	0.2978	0.5168	0.6233
CERO vs CONV.	LABRANZA CERO vs LABRANZA CONVENCIONAL	0.0822	0.0993	0.2938
PERM. vs REM.	PERMANENCIA vs REMOCIÓN DE RESIDUOS	0.1444	0.6459	0.4809

En las figuras 1,2 y 3 se observa que la pudrición de raíz en las tres variables evaluadas en trigo es muy baja y sin significancia estadística para los tres contrastes de tratamientos.

La figura 1 muestra un ligero aumento (no significativo según la prueba de contrastes ortogonales) para la variable “raíces seminales” en el sistema de producción trigo-trigo, lo contrario ocurre en las variables “raíces del primer nudo” y “raíces de macollos”.



T-T = Monocultivo trigo

T-M = Rotación trigo-maíz

Figura no. 1. Pudrición de raíz de trigo en campo según el sistema de cultivo (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo comparable entre medias de la misma variable.

En figura 2 se observa un aumento en el grado de pudrición de raíz con el empleo de Labranza cero.

La figura 3 muestra la influencia del manejo de residuos en las tres variables evaluadas, el comportamiento observado en permanencia o remoción de los mismos es similar.

La incidencia de pudrición de raíz por efecto de los factores de variación afectaron mayormente la variable raíces seminales que los otros dos tipos de raíces.

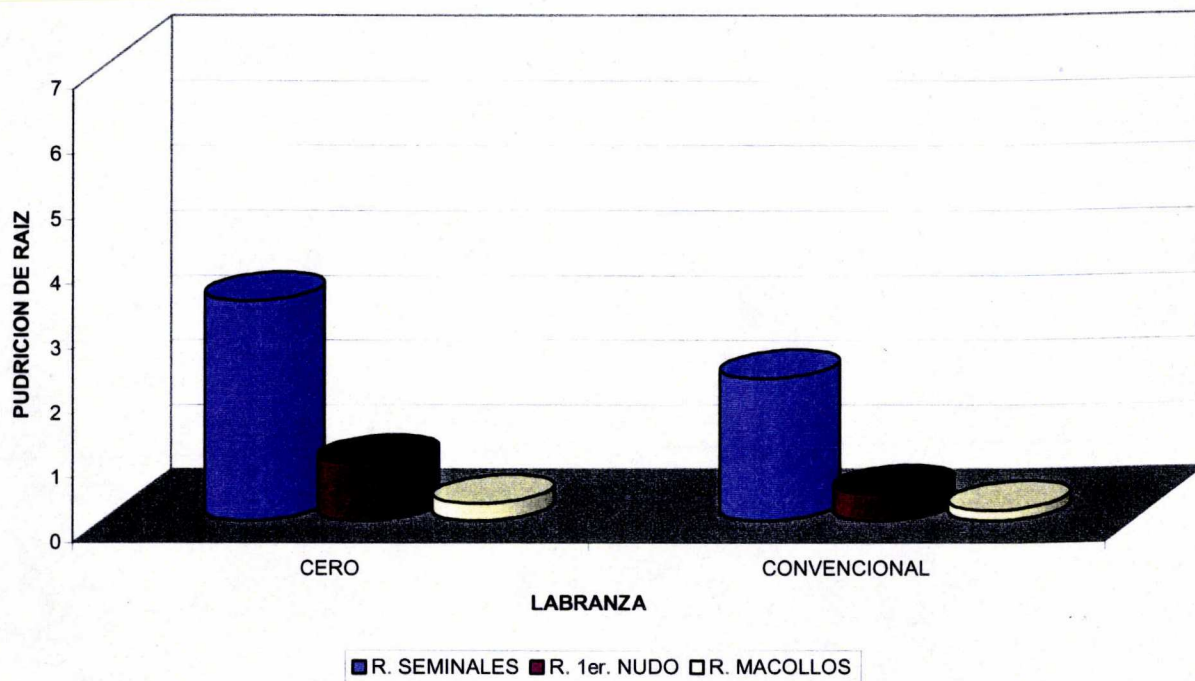


Figura no. 2. Pudrición de raíz de trigo en campo por efecto de los sistemas de labranza (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

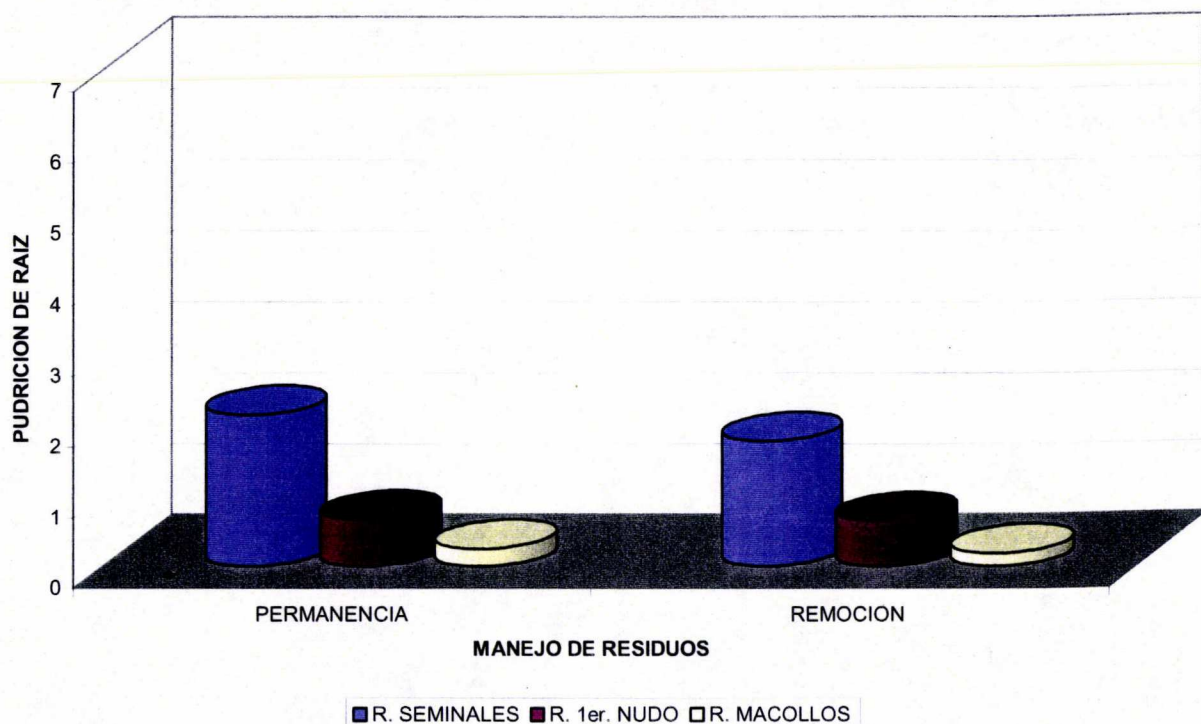


Figura no. 3. Pudrición de raíz de trigo en campo por efecto de los sistemas de labranza (evaluación agosto del 2000) La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE RAÍZ EN MAÍZ

Raíces seminales:

Para la variable incidencia de pudrición de raíces seminales en maíz el Análisis de Varianza mostró que existen diferencias estadísticas significativas en los contrastes rotación de cultivos, sistemas de labranza y manejo de residuos, inclusive considerando un 1% de error (cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de Varianza para la incidencia de pudrición en raíces seminales y raíces adventicias del cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de labranza, rotación y manejo de residuos.

FUENTE DE VARIACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE DE VARIACIÓN	Pr > F	
		R. SEMINALES	R. ADVENTICIAS
TRATAMIENTOS	COMBINACIÓN DE EFECTOS (LABRANZA X ROTACIÓN X RESIDUOS)	0.0002**	0.0139
CONTRASTES:			
MM vs TM	MONOCULTIVO MAÍZ vs ROTACIÓN TRIGO-MAÍZ	<0.0001**	0.0013**
CERO vs CONV.	LABRANZA CERO vs LABRANZA CONVENCIONAL	0.0005**	0.0225*
PERM. vs REM.	PERMANENCIA vs REMOCIÓN DE RESIDUOS	0.0006**	0.2193

** Existen diferencias altamente significativas

* Existen diferencias significativas

La comparación de medias por contrastes ortogonales revela diferencias debidas al cultivo empleado en rotación, el sistema de labranza y el manejo de residuos con 1% de error (cuadro 5). Los valores de las medias indican que los mejores tratamientos (con menor incidencia de pudrición de raíz) fueron los que incluían rotación trigo-maíz, el sistema de labranza convencional y la remoción de residuos (cuadro 6).

La variable incidencia de pudrición de raíces adventicias de acuerdo al Análisis de Varianza mostró que hubo diferencias altamente significativas y significativas y significativas para los contrastes sistema de rotación de cultivos y sistemas de labranza respectivamente. El manejo de residuos no influyó en la respuesta de esta (cuadro 5).

Se pudo observar baja incidencia de pudrición de raíces seminales y adventicias pero con efecto significativo de las fuentes de variación estadísticas. Se observó también que el mejor tratamiento fue la rotación maíz trigo y el sistema de labranza convencional (cuadro 6).

Cuadro 6. Valores promedio (Ȳ) de la evaluación de pudrición de raíz en maíz.

TRATAMIENTO	Ȳ RAÍCES SEMINALES	Ȳ RAÍCES ADVENTICIAS
ROTACIÓN		
M M	3.5167	2.7
T M	1.9347**	1.475**
LABRANZA		
CERO	3.25	2.5625
CONVENCIONAL	2.2013**	1.6125*
MANEJO DE RESIDUOS		
PERMANENCIA	3.2417	2.4125
REMOCIÓN	2.2097**	1.7625NS

**Existen diferencias altamente significativas

*Existen diferencias significativas

NS = diferencias no significativas

Las figuras 4-6 muestran el comportamiento de las 2 variables evaluadas en maíz (Raíces seminales, Raíces adventicias) según el tratamiento asignado.

La figura 4 ilustra los resultados obtenidos de acuerdo al sistema de producción (monocultivo o rotación), en ambas variables el efecto fue altamente significativo favoreciendo a la rotación trigo-maíz.

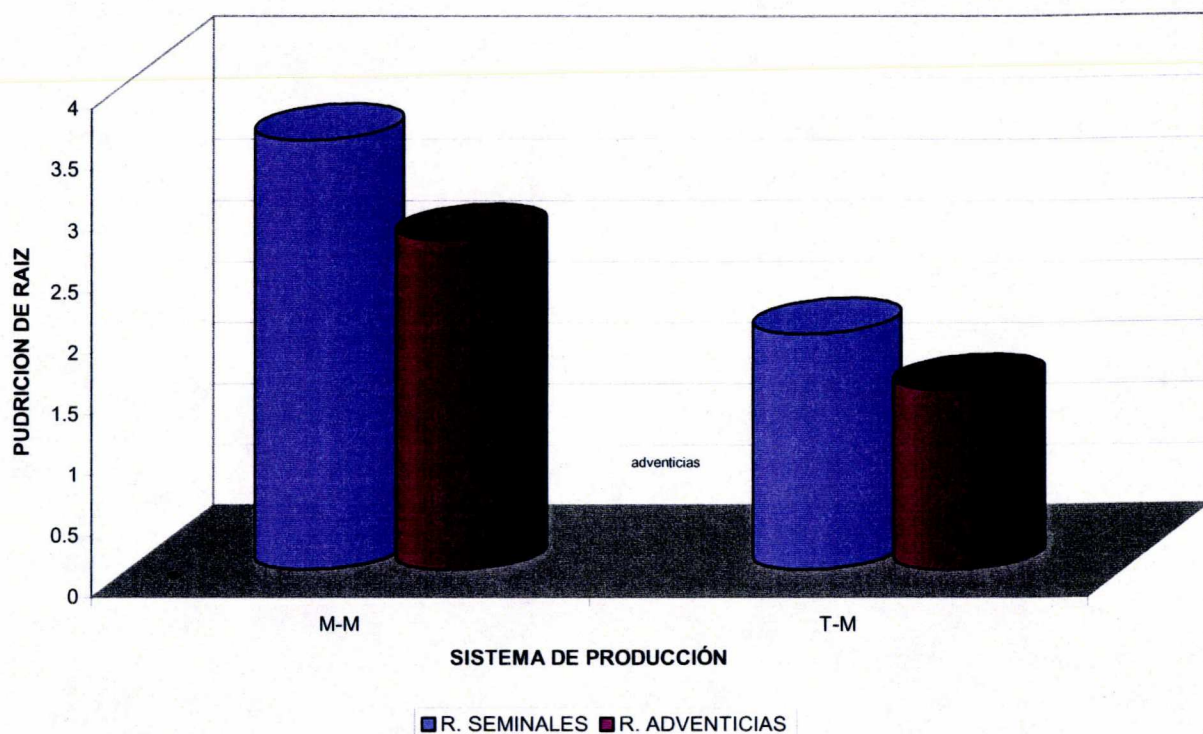


Figura no. 4. Pudrición de raíz de maíz en campo por efecto del sistema de cultivo: monocultivo o rotación (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

La figura 5 muestra el efecto significativo del sistema de labranza sobre las variables evaluadas. Los mejores tratamientos fueron los que incluían el sistema de Labranza convencional.

Aún cuando se observa una pequeña diferencia entre la permanencia y remoción de residuos en la variable "Raíces adventicias", los tratamientos son estadísticamente iguales. En cuanto a las "Raíces seminales" la gráfica muestra diferencias altamente significativas a favor de la remoción de residuos (figura no. 6).

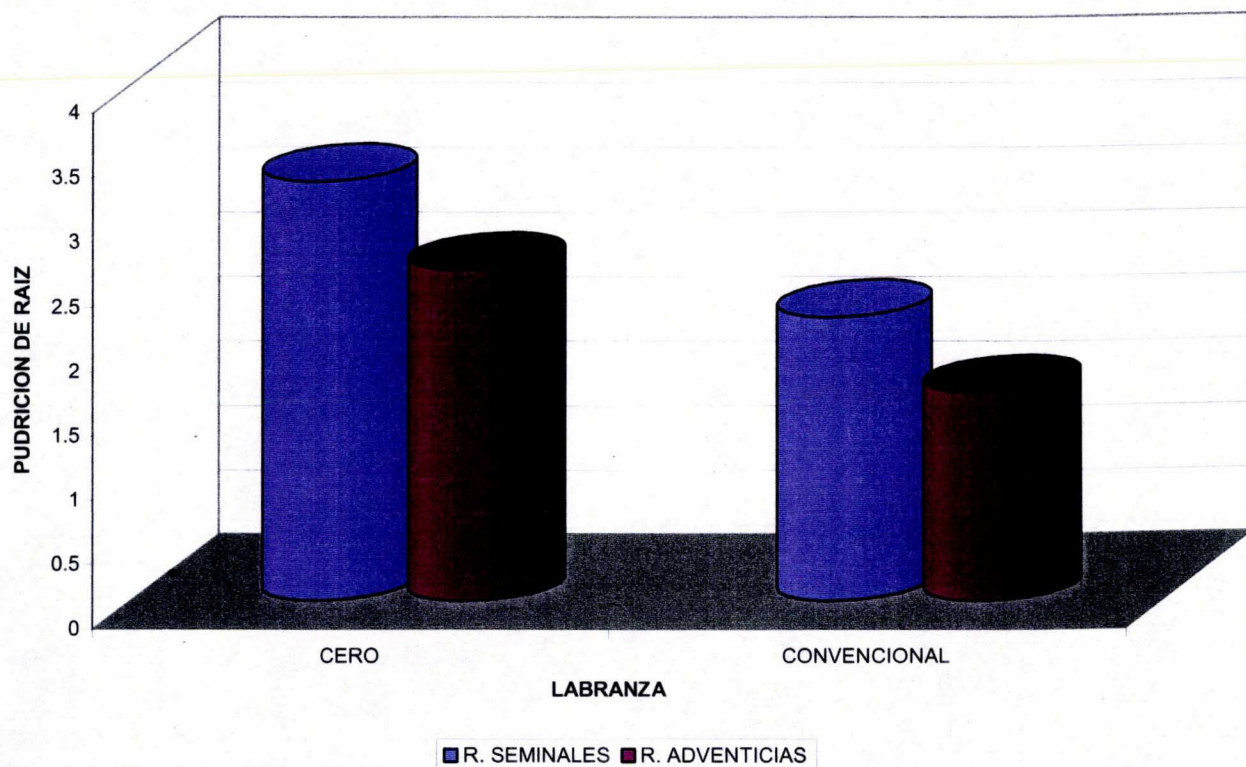


Figura no. 5 Pudrición de raíz de maíz según el sistema de labranza (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

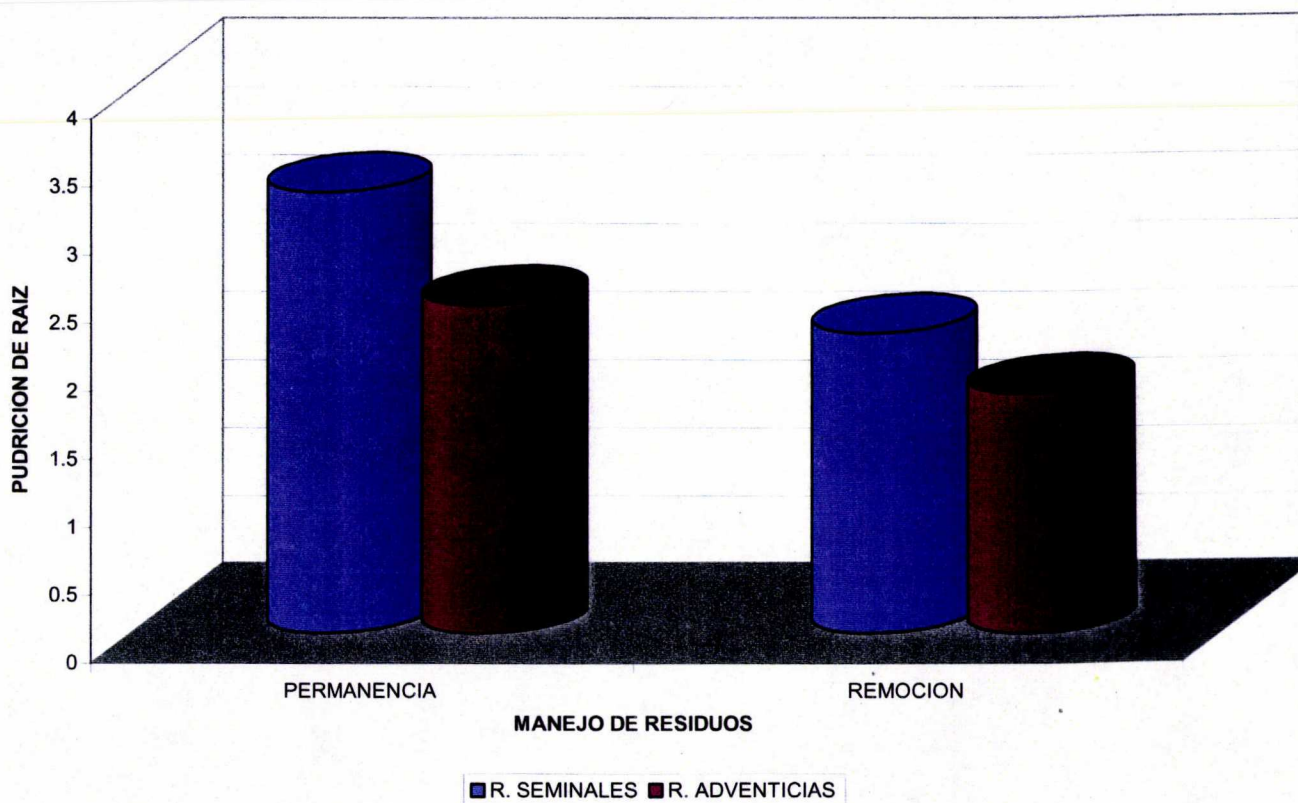


Figura 6 Pudrición de raíz de maíz en relación al manejo de residuos (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

TRATAMIENTO	CULTIVO	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Phytium</i>	SAPRÓFITOS NO INOCULADOS	NO SE OBTUVO CREC.	TOTAL
1	T	6	3	1	0	12	2	24
	%	25	12.5	4.166667		50	8.333333	
2	T	14	0	3	0	7	0	24
	%	58.33333		12.5		29.166667		
3	M	8	1	1	0	12	2	24
	%	33.33333	4.166667	4.166667		50	8.33333	
4	M	12	0	1	0	9	2	24
	%	50		4.166667		37.5	8.33333	
5	M	6	2	0	0	14	2	24
	%	25	8.33333			58.33	8.33333	
6	M	12	1	1	0	5	5	24
	%	50	4.166667	4.166667		20.833333	20.83333	
7	M	8	1	1	1	10	3	24
	%	33.33333	4.166667		4.16667	41.666667	12.5	
8	M	6	1	1	0	15	1	24
	%	25	4.166667	4.166667		62.5	4.166667	
9	T	6	9	0	0	9	0	24
	%	25	37.5			37.5	0	
10	T	9	5	1	0	9	0	24
	%	37.5	20.833333	4.166667		37.5		
11	M	12	0	0	0	12	0	24
	%	50				50		
12	M	2	0	1	0	CRECIMIENTO	RECURRENTE	
	%	8.333333		4.666667		DE	<i>Trichoderma spp</i>	
13	T	14	1	1	0	6	2	24
	%	58.33333	4.166667	4.166667		25	8.333333	
14	T	18	4	0	0	2	0	24
	%	75	16.666667			8.333333		
15	T	16	6	1	0	1	0	24
	%	66.66667	25	4.166667		4.166667		
16	T	9	6	1	1	7	0	24
	%	37.5	25	4.166667	4.16667	29.166667		
TOTAL		158	40	14	2	130	19	363

AISLAMIENTO DE RAÍZ E IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL

El cuadro 7 muestra los resultados obtenidos de los 24 aislamientos de raíz realizados en cada tratamiento, así como el porcentaje de las cepas aisladas que representan cada uno de ellos.

En la columna que corresponde a los “saprofitos no inoculados” se incluyen cepas como *Stemphyllium spp*, *Penicillium spp*, *Aspergillus spp* y *Phoma spp*, que se conoce actúan únicamente como tal.

Se encontraron cepas en las cuales “no se obtuvo crecimiento” después de la realización de cultivos monospóricos o bien en la etapa de incremento de inóculo.

En el tratamiento no. 12 (monocultivo maíz, labranza convencional, remoción de residuos) en ambas parcelas experimentales se dio un crecimiento recurrente de *Trichoderma spp*, motivo por el cual no fue posible identificar acertadamente el hongo responsable del daño en la raíz en la mayoría de los aislamientos.

PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Se realizaron pruebas de patogenicidad para las cepas aisladas durante 3 años (1998, 1999 y 2000), en el año 1998 la evaluación incluyó únicamente especies de *Fusarium spp* (por resultar el género aislado con mayor frecuencia). El resumen de los resultados se encuentra en el cuadro 8, en el aparecen los datos correspondientes a los años 1998 y 2000, el año de 1999 se analiza más adelante en el cuadro10 debido a que las especies de hongos aislados fueron pocas.

Cuadro 8 Resumen de los resultados de las pruebas de patogenicidad aplicadas en los tres años de estudio (1998, 1999, 2000).

Cepas 1998

No. de Cepas aisladas de trigo	patogenicas en trigo	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
55	9	6	7	22
%	16.36	10.91	12.73	40.00

No. de Cepas aisladas de maíz	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
65	15	9	12	36
%	23.08	13.85	18.46	55.38

No. de total cepas aisladas	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
120	21	18	19	58
%	17.5	15	15.8	48.3

Cepas 2000

No. de Cepas aisladas de trigo	patogenicas en trigo	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
136	13	46	29	88
%	9.56	33.82	21.32	64.71

No. de Cepas aisladas de maíz	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
69	19	8	25	52
%	27.54	11.59	36.23	75.36

No. de total cepas aisladas	patogenicas en maíz	patogenicas en trigo	patogenicas en trigo y maíz	TOT pos
215	66	21	53	140
%	30.70	9.77	24.65	65.12

La evaluación de las cepas aisladas en el año 2000 muestra dos géneros patógenos encontrados con mayor frecuencia: *Fusarium spp* y *Bipolaris spp* (con la especie *Bipolaris sorokiniana*).

La información en las figuras 7-9 nos permite comparar efectos entre grupos de tratamientos, en la figura 7 podemos observar una notoria superioridad del porcentaje de *Fusarium spp* patógenas en el monocultivo maíz comparado con *Bipolaris sorokiniana*, del mismo modo resalta la superioridad del porcentaje de cepas de *Fusarium spp* patógenas en la rotación trigo-maíz.

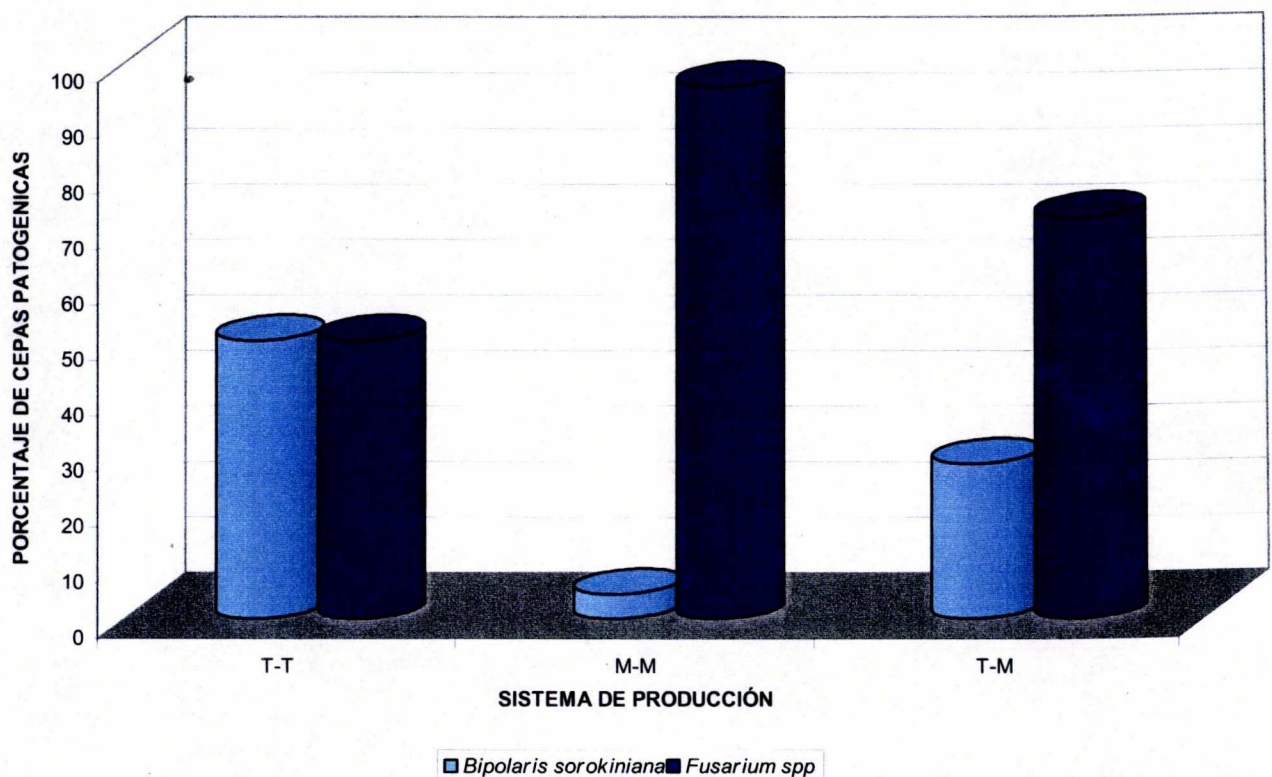


Figura No. 7. Cepas patógenas encontradas con mayor frecuencia en relación al sistema de producción (prueba correspondiente al año 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

Existe un mayor porcentaje de *Bipolaris sorokiniana* con el empleo de Labranza convencional comparado con Labranza cero, el porcentaje de cepas de *Fusarium spp* patógenas se incrementa en Labranza cero (figura no. 8).

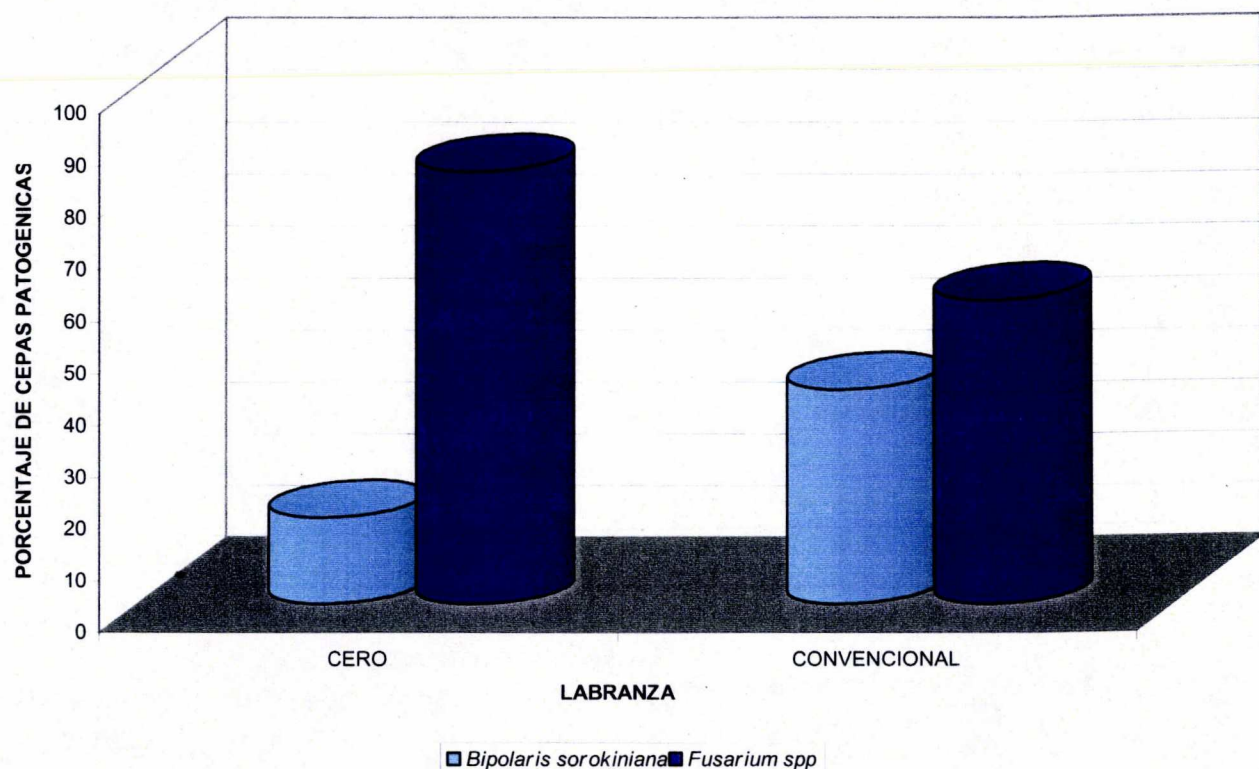


Figura no. 8. Cepas patogénicas más frecuentes por efecto del sistema de labranza (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

Con la remoción de residuos de la cosecha anterior se observó un 5.34% menos de *Bipolaris sorokiniana* comparado con la remoción de los mismos; por el contrario el % de cepas patogénicas de *Fusarium spp* se vió incrementado en un 5.37% para este mismo grupo de tratamientos (Figura 9).

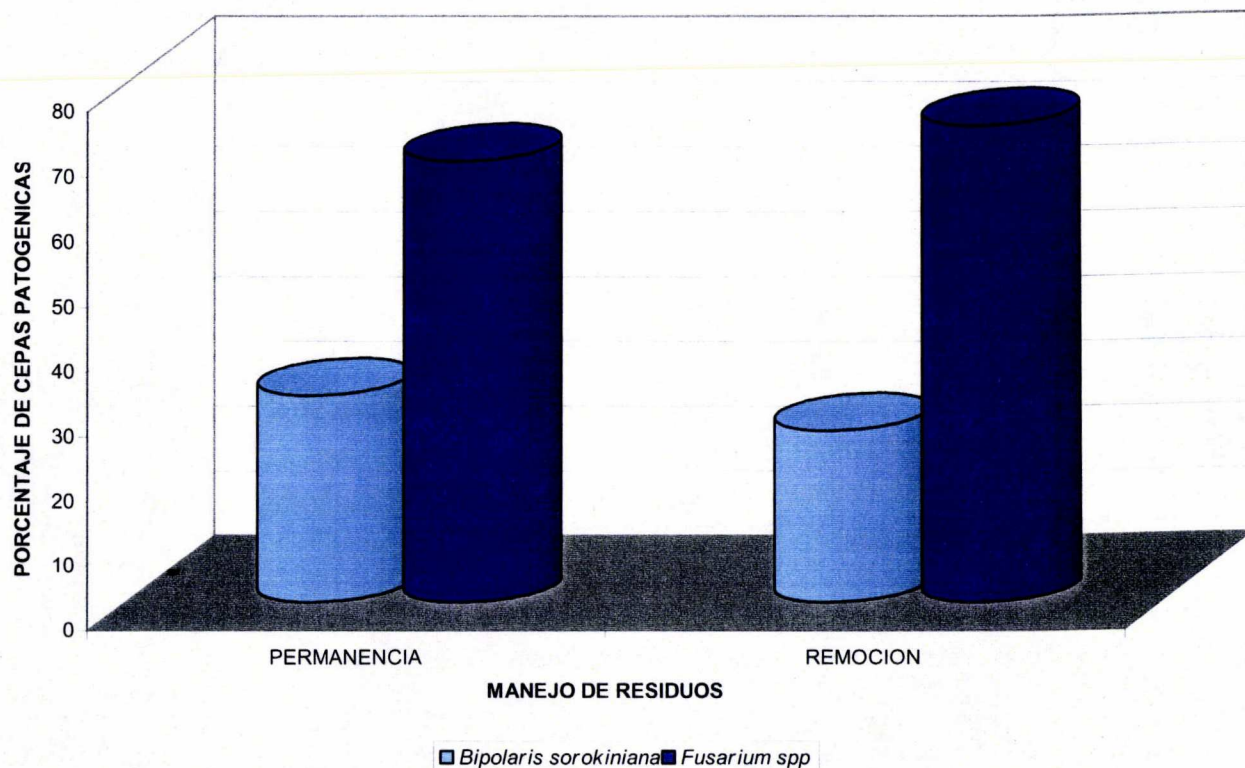


Figura 9. Cepas patogénicas más frecuentes por efecto de la ausencia o presencia de residuos vegetales en el suelo (evaluación agosto del 2000). La significancia estadística solo es comparable entre medias de la misma variable.

El análisis estadístico practicado a las cepas de *Fusarium spp* patogénicas en el año 1998 y 2000 (cuadro 9) nos permite afirmar que existen diferencias entre el porcentaje de cepas patogénicas aisladas en los diferentes periodos de evaluación con un 7% de error; del mismo modo podemos decir que no existen diferencias entre el cultivo de origen (trigo ó maíz) ni en la interacción año-cultivo.

Cuadro 9. Análisis estadístico para las cepas de *Fusarium spp* patogénicas en los años 1998 y 2000.

FUENTE DE VARIACIÓN	DESCRIPCIÓN	Pr>x ²
AÑO	1998 - 2000	0.0682
CULTIVO	Cultivo de origen de la cepa	0.6848
AÑO* CULTIVO	Interacción	0.8827

En el año 1998 las especies patogénicas de *Fusarium spp* encontradas con mayor frecuencia fueron: *Fusarium equiseti*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, y algunas especies no identificadas*; en el año 2000 las especies de *Fusarium spp* más frecuentes fueron *Fusarium equiseti*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium subglutinans*, y algunas especies no identificadas* (Figura 10).

La prueba de patogenicidad correspondiente al año 1999 merece un apartado especial, dado que el número de cepas es mucho menor que en los años 1998 y 2000, el cuadro 10 indica el o los cultivos que produjeron lesiones al ser inoculado el suelo donde crecían, así como la identificación y posibles problemas de contaminación de las cepas que se presentaron.

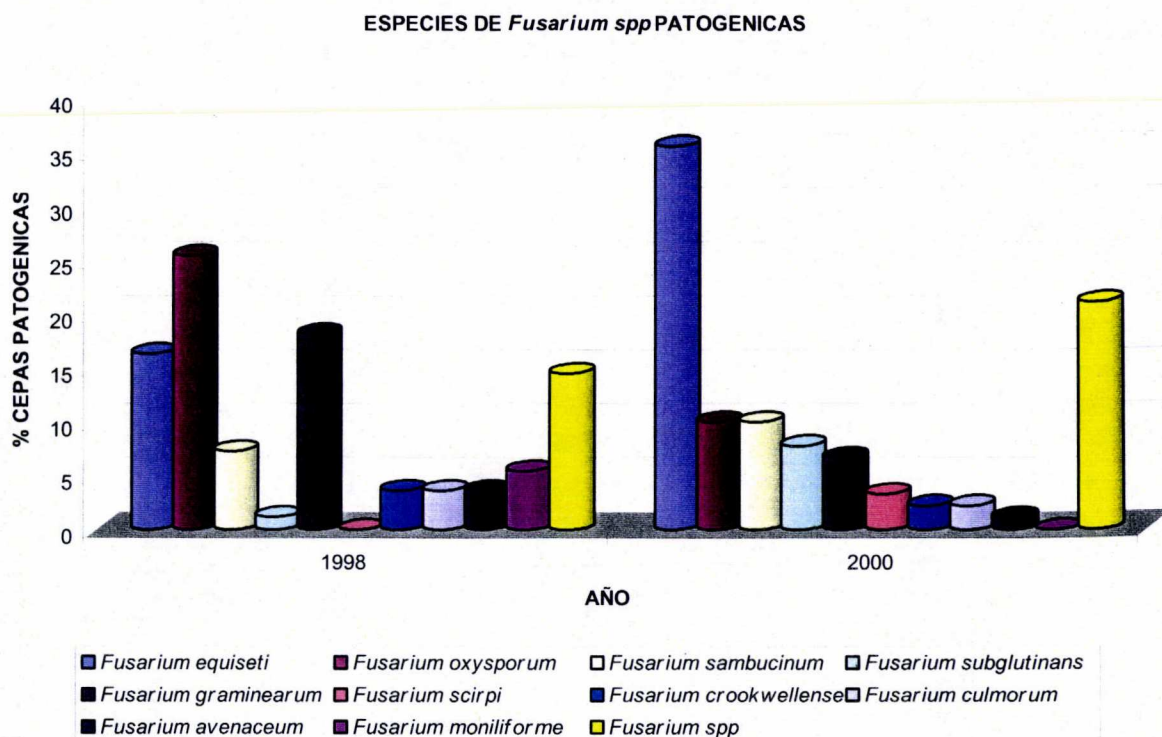


Figura 10. Frecuencia de especies de *Fusarium spp* patogénicas, Pruebas 1998 y 2000.

- *Las especies de *Fusarium spp* que no fueron identificadas, pueden ser motivo de trabajos posteriores.

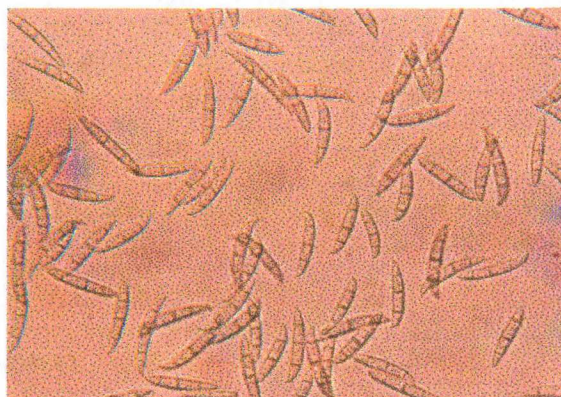
La morfología de las colonia y características de las estructuras (conidios, conidióforos y clamidosporas según sea el caso) de las cepas patogénicas se ilustran en las figuras 11 a la 18. Se incluyen así mismo fotografías de las cepas de *Fusarium spp* no identificadas.

Cuadro 10 Resultados de las pruebas de patogenicidad del año 1999.

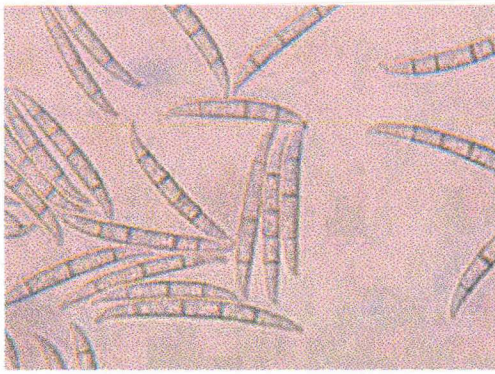
CEPA 99			
CEPA	PATOGENICIDAD		OBSERVACIONES
	Trigo	Maíz	
W7/1	(-)	(-)	
W7/2	(+)	(-)	BACTERIA
9SBCI	(+)	(+)	?
W12/1	(+)	(+)	<i>F. graminearum</i>
W18/1	(+)	(+)	<i>F. sambucinum</i>
W19F	(+)	(+)	<i>Fusarium spp</i>
W37/1	(-)	(-)	
W37/2	(+)	(+)	<i>F. oxysporum</i>
W46/1	(-)	(-)	
W46/2	(+)	(+)	BACTERIA
W53	(-)	(-)	
W58H4	(+)	(+)	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
M10/1F4	(+)	(+)	<i>F. equiseti</i>
M11BS	(+)	(+)	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
M25	(-)	(-)	<i>Epicocum</i>
M28F8	(-)	(-)	
M34/1	(+)	(+)	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
M39/1	(-)	(-)	
M39F6	(+)	(+)	<i>Fusarium spp</i>
M42	(-)	(-)	
M49A1	(+)	(-)	<i>Alternaria</i>
M49F9	(-)	(-)	
M64F1	(-)	(-)	



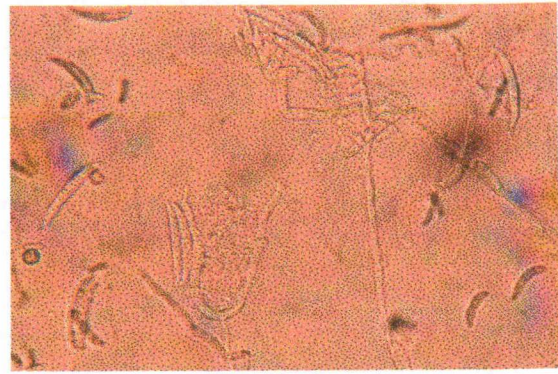
a)



b)

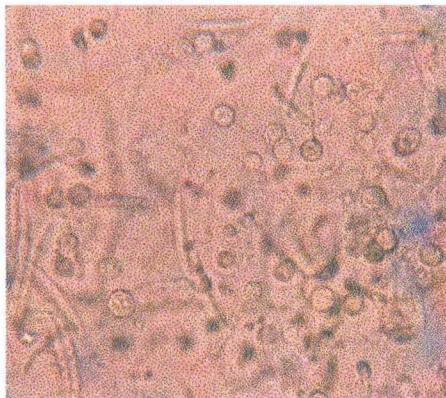


c)

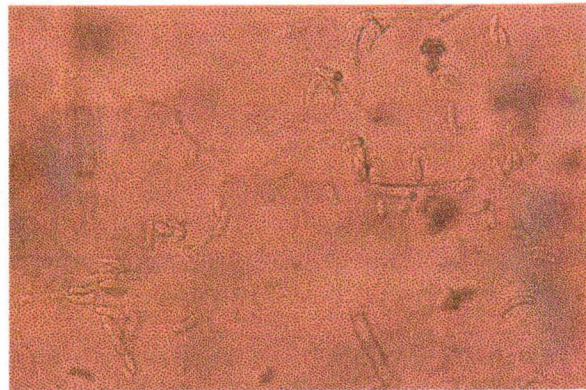


d)

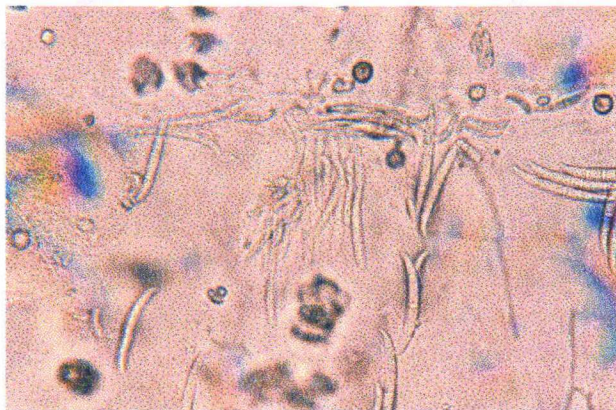
Figura 11. Características de *Fusarium sambucinum* en CLA (cepas patogénicas)
a).clamidosporas, b) y c).conidios, d).conidióforo.



a)



b)

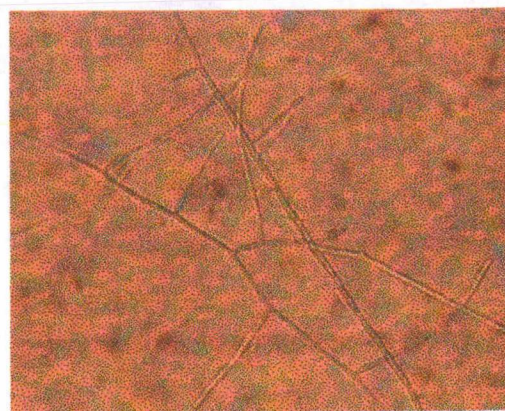


c)

Figura 12. Características de *Fusarium oxysporum* en CLA (cepas patogénicas)
a).clamidosporas, b).microconidios, c).macroconidios y clamidosporas.



a)

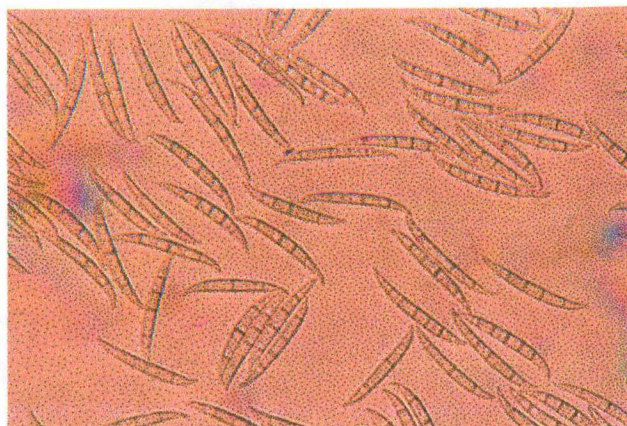


b)

Figura 13. Características de *Fusarium subglutinans* en CLA (cepas patogénicas)
a).conidios, b).conidióforos



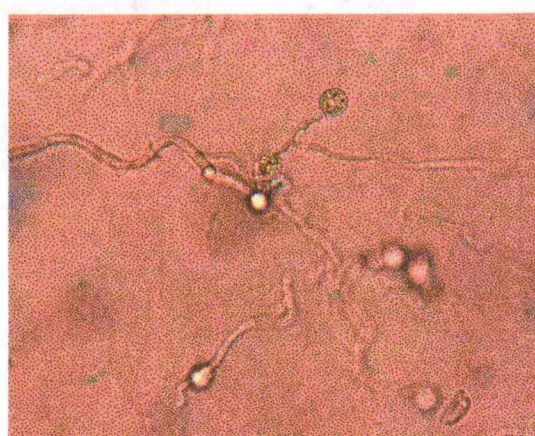
a)



b)



c)



d)

Figura 14. Características de a).*Fusarium equiseti*, b)-d).*Fusarium crookwellense* en CLA (cepas patogénicas) a).Conidios, b).conidios, c).conidióforo, d).clamidosporas.

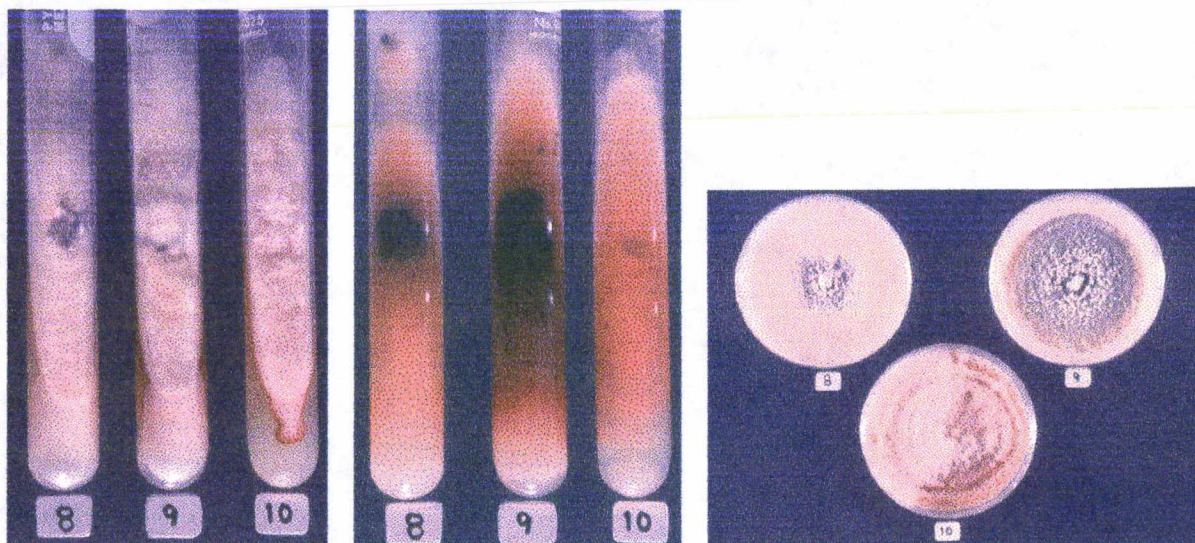


Figura 15. Características de las colonias en PDA natural 8) y 9) *Fusarium sambucinum* 10). *Fusarium equiseti*

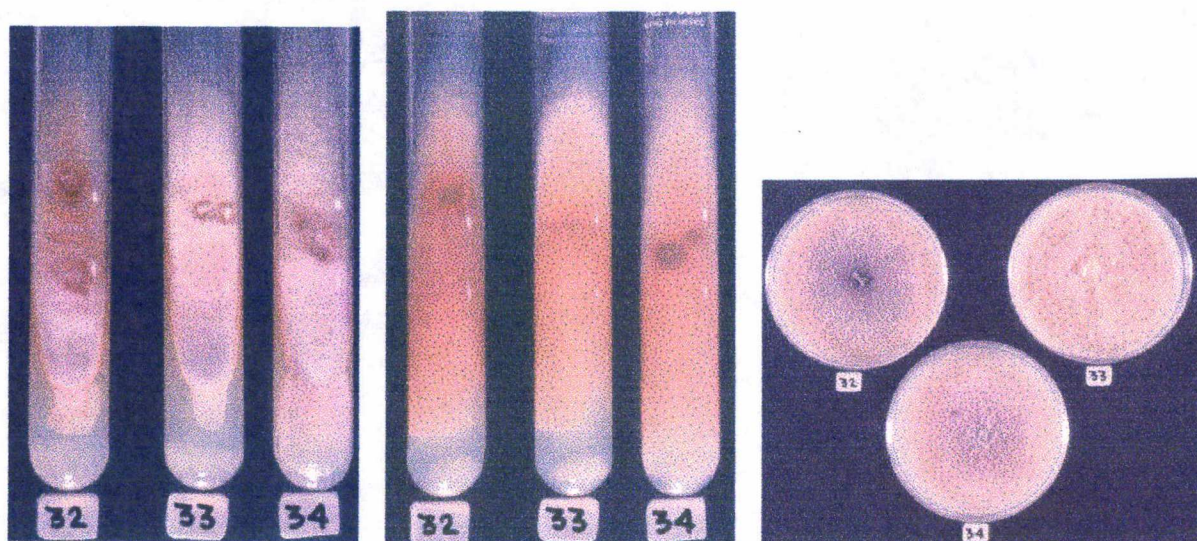
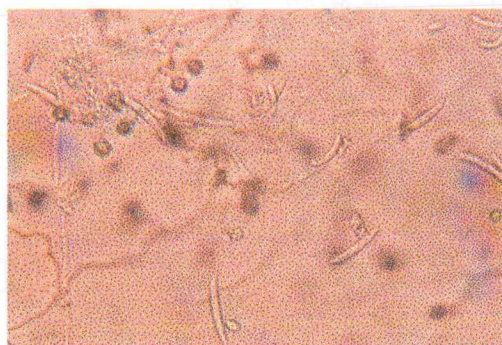
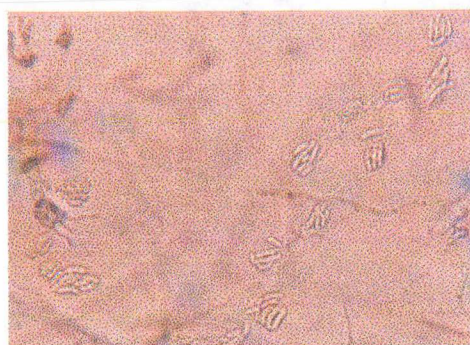


Figura 16. Características de la colonia en PDA natural 32) y 34). *Fusarium subglutinans*, 33). *Fusarium oxysporum*.



a)



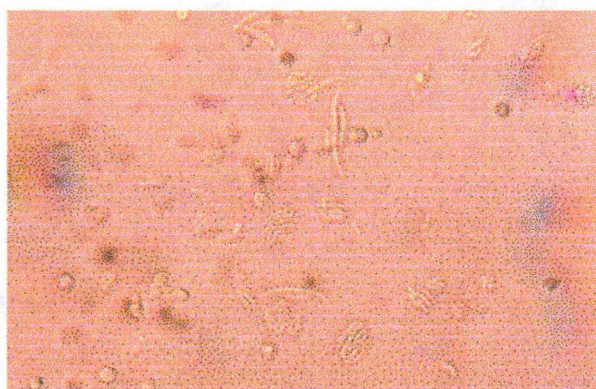
b)



c)



d)



e)

Figura 17. Características de *Fusarium* spp. (cepas patogénicas) en CLA.
a).clamidosporas, microconidios y macroconidios, b).microconidios, c).conidióforo,
d).conidios, e).clamidosporas y microconidios.

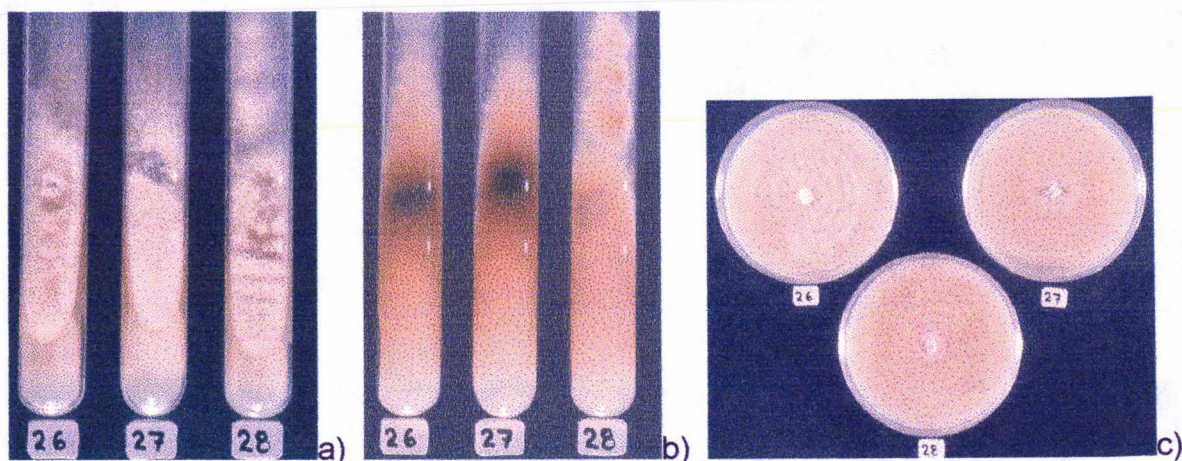


Figura 18. Características de la colonia en PDA natural de 26), 27), 28) *Fusarium* spp (cepas patogénicas)

ASLAMIENTO DE *Fusarium* spp DEL SUELO

El ANAVA practicado a los resultados obtenidos del aislamiento de *Fusarium* spp del suelo en el año 1999 indica que no existen diferencias entre los tratamientos evaluados (cuadro 11).

Cuadro 11. ANAVA para la variable aislamiento de *Fusarium* spp del suelo 1999.

FUENTE DE VARIACIÓN	DESCRIPCIÓN	Pr>F
Tratamientos	Todos los tratamientos incluidos en el experimento	0.7990

La figura 19 ilustra como se ve afectada la variable Unidades Formadoras de Colonias (log.) por el sistema de producción (monocultivo o rotación). Tomando en cuenta la escala de la gráfica se puede ver que la variación entre los diferentes grupos de tratamientos es muy pequeña.

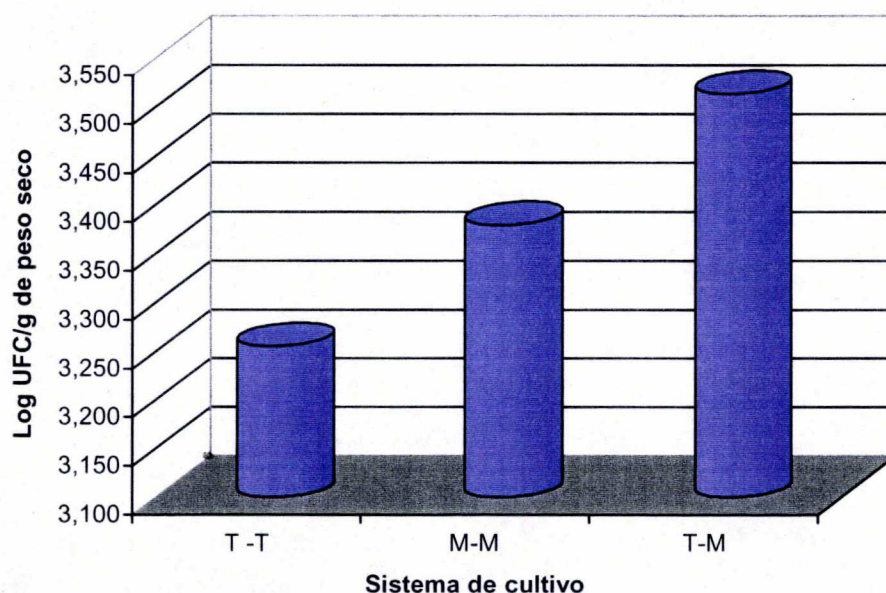


Figura 19. Aislamiento de *Fusarium spp* del suelo (muestra 0-20 cm de profundidad) en relación al sistema de cultivo, la evaluación fue efectuada en febrero del 2000.

Las variaciones relacionadas con el sistema de labranza y manejo de residuos son también muy pequeñas (si observamos la escala del gráfico) y según el ANAVA no son significativas (figuras 19 y 20).

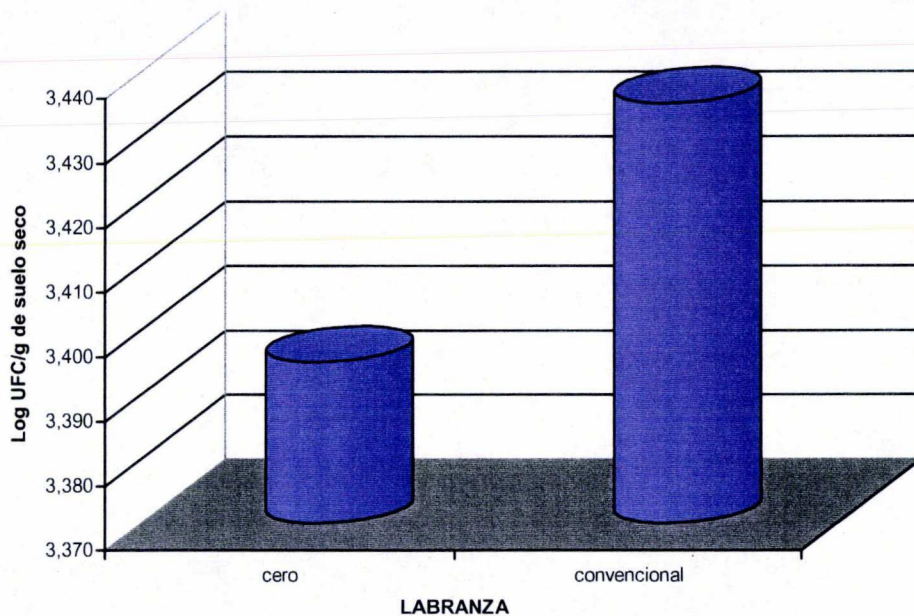
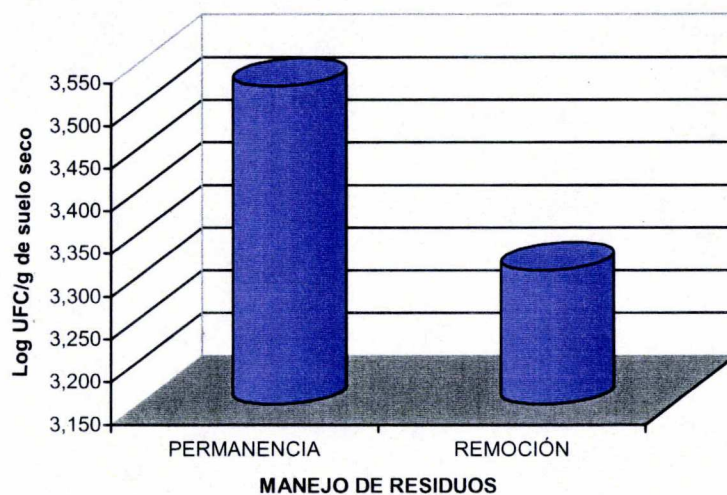


Figura no.19. Aislamiento de *Fusarium spp* del suelo (muestra de 0-20 cm de profundidad) según el sistema de labranza, evaluación efectuada en febrero del 2000.

Figura no. 20. Aislamiento de *Fusarium spp* del suelo (muestra de 0-20 cm de



profundidad) en relación al manejo de residuos, la evaluación fue efectuada en febrero del 2000.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con reportes de Widels y Wiersma (1992), el sistema de labranza no afecta la severidad de las enfermedades de la raíz en trigo, pero si la incidencia. A este respecto, Mehta (1981) observó mayor incidencia de pudrición de raíz con el empleo de labranza de conservación comparado con el sistema convencional, en estudios realizados por 3 años en Paraná, Brasil; por el contrario Bailey (1992) detectó una mayor incidencia de pudrición de raíz en el sistema de labranza convencional comparado con labranza cero en Saskatchewan, Canadá resultados que coinciden con los obtenidos en Texas por Widels y Wiersma (1992).

En el presente estudio no se observaron diferencias significativas en trigo atribuibles al sistema de labranza, manejo de residuos o sistema de cultivo empleados, probablemente debido a que el efecto del uso de una variable se vio compensado por el empleo de otra, así por ejemplo la rotación con maíz provoca la ruptura del ciclo de enfermedades (Scaléa, 2000), cuando los residuos se retiran disminuye la presencia de inóculo y cuando permanecen sobre el terreno de cultivo se incrementa la población de organismos antagónicos que según Cook (1991) y Sturz et al (1997) afectan la sobrevivencia o actividad patogénica de organismos virulentos en suelos que emplean sistemas de labranza de conservación, aunque las condiciones del suelo que resultan del empleo de estos sistemas pueden favorecer la presencia de algunos patógenos que los sistemas convencionales de cierta manera controlan.

El retraso en el desarrollo de las plantas causado por la reducción de la temperatura del suelo en sistemas de labranza de conservación favorece la aparición de enfermedades radicales en maíz (Costamilan, 2000), algunas de ellas como las causadas por *H. pedicellatum* y *F. moniliforme* son más severas en las raíces senescentes como las seminales y del mesocotilo (Chambers, 1986); los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con esta afirmación, ya que en general en todos los tratamientos se observó una mayor incidencia de pudrición de raíz en raíces seminales.

Se obtuvieron en este experimento mejores resultados (menor incidencia de pudrición de raíz) con el empleo de rotación de cultivos trigo-maíz que con el uso de monocultivo maíz, lo cual se explica por que con la ausencia de prácticas de rotación de cultivos en los sistemas de labranza de conservación y también convencional se observa un incremento en la aparición de enfermedades radicales (Costamilan, 2000), en el monocultivo de maíz el patógeno se encuentra en la proximidad del hospedante, por eso se acentúa el potencial de enfermedad (Nyvall, 1981).

La excesiva compactación del suelo y un drenaje deficiente pueden afectar negativamente al cultivo favoreciendo la aparición de enfermedades de raíz en prácticas de labranza mal empleadas (Costamilan, 2000), en estudios realizados en el estado de Paraná en Brasil en la zafra 1979/80 en términos medios la incidencia de pudrición del corno en maíz fue mayor en el sistema de plantío directo que en el sistema convencional, hecho que Nazareno (1981) explica por la cantidad de restos de cultivo de maíz que se manejó en monocultivo en la superficie del suelo era mayor en el primer caso, lo que favorece la esporulación y diseminación del inóculo; sin embargo en estudios similares en Londrina Brasil en la zafra 1980/81, se manejó el cultivo de maíz en rotación con soya obteniéndose niveles de la enfermedad prácticamente iguales en los dos sistemas de labranza. En este trabajo los mejores tratamientos fueron los que incluían los sistemas de labranza convencional, estos resultados se vieron influenciados por la rotación de cultivos y el manejo de residuos además de las características físicas del suelo.

En cuanto al manejo de residuos la pudrición de raíces seminales fue mayor cuando permanecieron sobre el terreno de cultivo que cuando fueron removidos, en raíces adventicias la permanencia y remoción de residuos resultaron ser estadísticamente iguales; esto se explica por la reducción de la temperatura puede retardar la germinación y desarrollo de las plántulas, situación que favorece el ataque de algunos patógenos responsables de pudrición de raíz (Bailey y Duczek, 1996), esta misma reducción de la temperatura causada por la presencia de residuos en la superficie del suelo causa que el inóculo de verano pueda entrar en reposo, además, en general la presencia de residuos sobre la superficie del suelo constituye un excelente

hábitat para los patógenos que sobreviven en ellos, esta sobrevivencia se ve influenciada por la velocidad de descomposición de los residuos (Bailey, 1996).

Las especies de hongos que en este experimento se encontraron con mayor frecuencia son algunas del género *Fusarium* porque el inóculo sobrevive en los residuos de cosecha que permanecen en la superficie del terreno (Munkvold, 1996), el déficit hídrico en los sistemas de labranza convencional y los tratamientos que incluyen la remoción de los residuos que también implican cierta deficiencia en la retención de humedad, favorecen la infección por algunas especies de este género.

Bipolaris sorokiniana es un patógeno que disminuye su densidad de inóculo en los sistemas de labranza cero (Bailey 1996; Bailey y Duczek, 1994; Bockus y Shoyer, 1998), sin embargo en este experimento se detectó en un alto número de aislamientos de raíz de maíz y de trigo, hecho que podemos explicar si tomamos en cuenta que en esta especie aún cuando el nivel de inóculo sea bajo se puede observar un máximo nivel de incidencia de pudrición de raíz debido a que el potencial del inóculo para producir enfermedad es alto (Bailey y Duczek, 1996).

Según Kenneth (1996) y Sturz *et al* (1997) la actividad de algunas especies de *Fusarium* puede incrementarse bajo condiciones de secano y buena aireación, aspectos que podemos observar en los tratamientos con remoción de residuos de cosecha, donde pudimos observar un ligero incremento de la población de especies de este género. *Bipolaris sorokiniana* es más severa en terrenos con baja humedad y temperatura alta (Bailey y Duczek, 1996; Hall y Sutton, 1998), el déficit hídrico se presenta en sistemas de labranza convencional, hecho que explica el incremento de la presencia del hongo en los tratamientos que incluyeron este sistema de cultivo.

En el monocultivo maíz se observó un incremento muy importante de especies patogénicas del género *Fusarium*, lo cual según Costamilan (2000) se explica porque la ausencia de rotación de cultivos incrementa la incidencia de enfermedades, la población de *Bipolaris sorokiniana* disminuyó considerablemente bajo estas condiciones debido a que este patógeno es considerado afín al cultivo de trigo aunque también causa lesiones en maíz.

La presencia de residuos de cosecha puede afectar la incidencia de las enfermedades porque proveen un excelente hábitat para patógenos que sobreviven en

ellos (Bailey, 1996, Bockus y Shoyer, 1998), tal es el caso de *Fusarium* y *Bipolaris sorokiniana*, considerados organismos necrotróficos (Reis, 1993) que como en el caso de *Fusarium subglutinans* sobreviven por lo menos 12 meses en presencia de tejido del hospedante (Chambers, 1986); estas afirmaciones no se vieron reflejadas significativamente en el presente experimento cuya incidencia de pudrición de raíz no se vió influenciada por los tratamientos de permanencia y remoción de residuos.

VI. CONCLUSIONES

1. En el cultivo del trigo no existen diferencias atribuibles al sistema de cultivo, tipo de labranza y manejo de residuos.
2. En el cultivo de maíz existe una mayor incidencia de pudrición de raíz en raíces seminales
3. Los tratamientos que incluyen trigo en rotación con maíz tienen menor incidencia de pudrición de raíz que el monocultivo maíz.
4. En el cultivo de maíz se obtienen mejores resultados usando el sistema de labranza convencional con respecto a la incidencia de pudrición de raíz.
5. En sistemas de labranza cero y monocultivo de maíz se incrementa la población de cepas patogénicas de *Fusarium spp*, bajo estas mismas condiciones se observa un incremento en la población de *Bipolaris sorokiniana*.
6. El manejo de residuos bajo las condiciones del presente experimento no afecta la población *Fusarium spp* y *Bipolaris sorokiniana*.

LITERATURA CITADA

1. Anónimo 2000. www.plantiodireto.com.br
2. Anónimo. 1996. Conservation tillage gaining ground. Economic research Service/USDA. 26-31pp.
3. Anónimo, 1981. Plantio direto no estado do Paraná. Londrina-Paraná. Fundacao Instituto Agronomico do Paraná. Brasil. 175-189pp.
4. Bailey, K. L. 1996. Diseases under conservation tillage systems. Canadian Journal of Plant Science, 76, 635-639.
5. Bailey, K. L., y Duczek, L.J. 1996. Managing cereal diseases under reduced tillage. Canadian Journal of Plant Pathology, 18, 159-167.
6. Bateman, G.L. y Kwa'sna, H. 1999. Effects of number of winter wheat crops grown successively on fungal communities on wheat roots. Applied Soil Ecology, 13, 271-282.
7. Bockus, W. W.; y Shoyer, J.P. 1998. the impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. Annual Review of Phytopathology, 36, 485-500.
8. Boosalis, M.G.; doupnik, B.; y Odvody, G.N. 1981. Conservation tillage in relation to plant diseases. En CRC Handbook of pest management in agriculture. Vol.1. 445-474.
9. Chakraborty, P. B.; Mitra, B.N. 1994. Effects of date of sowing and tillage on yield and water use efficiency of crops grown on residual soil moisture in eastern India. Top. Agric. (Trinidad), 71-3; 235-238.
10. Chambers, K.R. 1986. Epidemiology of root in South Africa. Journal Phytopathology, 118, 84-93.
11. Claverán Alonso, R. 1999. Labranza de conservación en América La tina y en México. En Memorias del Simposio Nacional sobre Labranza de conservación, sustento de una agricultura sostenible. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 11-13pp.
12. Conway, K.E. 1996. An overview of the influence of sustainable agricultural systems on plant diseases. Review of Crop Protection Vol 15, 3:223-228.
13. Cook, R.J. 1992. Wheat root healt management and environmental concerní. Canadian Journal of plant pathology 14, 76-85.

14. Cook, R.J. 1991. Challenges and rewards of sustainable agriculture research and education. En Sustainable agriculture research and education in the field a proceedings. 32-76pp.
15. Cook, R.J. y Haglund, W.A. 1991. Wheat yield depresión associated with conservation in the soil not phytotoxins from the straw. Soil boil.biochem. vol.23. 12, 1125-1132.
16. Costamilan, L.M. 2000 Doenças de plantas e alternativas de controle em plantio direto. En Resumos 7° encontro nacional de plantio direto na palha 103-104pp.
17. Derpsch, R. 1993. Importancia da rotação de culturas e da adubação verde nos sistemas de produção trigo/soja no sul do Brasil. En Simposio internacional sobre plantio direto em sistemas sustentáveis. 58-75pp.
18. Dhillon, S.S. 1994. Effect of *Trichoderma harzianum*, *Bijerinckia mobilis* and *Aspergillus niger* on arbuscular mycorrhizal infection and sporulation in maize, wheat, millet, sorghum, barley and oats. Journal of plant diseases and protection. 101(3), 272-277.
19. Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil sci. Soc. AM. J. 44:765-771.
20. Doran, J. W.; Elliot, E.T.; Paustian K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage mangement. Soil & Tillage Research. 49, 3-18.
21. Erenstein, O. 1997. ¿Labranza de conservación o conservación de residuos? Una evaluación del manejo de los residuos en México. CIMMYT. Natural Resources Group. 188-197pp.
22. Escoto R., H. y Arroyo V., Z. 1999. El control de malezas en los cultivos de sorgo y maíz en agricultura de conservación en el Bajío, Guanajuato. En Memorias del Simposio Nacional sobre Labranza de conservación, sustento de una agricultura sostenible. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 16-17pp
23. Etchevers, J.; Vidal, I.; Fischer, R.A. 1994. Efecto del tipo de labranza, rotación, y manejo de residuos en el rendimiento de trigo y el nitrógeno del suelo. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados.
24. Fancelli, A.L. 2000. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. Revista Plantio Direto, 58, 56-58.
25. Ferreira, M. ; Andrade, D.; Chueire, L.M.; Takemura, S.; Hungria, M. 2000. Soil Biology& Biochemistry. 32, 627-637.

26. Graciano, A. 2000. Plantio direto na pequena propriedade: requisitos, vantagens e limitações. En Resumos 7º encontro nacional de plantio direto na palha 138p.
27. Hall, R. y Sutton, J.C. 1998. Relation of weather, crop, and soil variables to the prevalence, incidence, and severity of basal infections of winter wheat in Ontario. Canadian journal of plant pathology. 20, 64-80.
28. Hanson, H.; Borlaug, N.E.; y Anderson, G. 1985. Trigo en el Tercer Mundo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 1-12pp.
29. Karlen, D.L.; Wollenhaupt, N.C.; Erbach, D.C.; Berry, E.C.; Swan, J.B.; Eash, N.S.; Jordahl, J.L. 1994. Long-term tillage effects on soil quality. Soil & tillage research. 32, 313-327.
30. Kirby, H.W. 1985. Conservation tillage and plant disease. En A systems approach to conservation tillage. Cap. 12. 131-135pp.
31. Lal, R. 1997. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical alfisol in western Nigeria. 1. crop yield and soil physical properties. Soil & tillage research. 42(3): 145-160.
32. Lal, R. 1997. Tillage practices and soil degradation in the wheat cropping systems of the warmer areas of Africa and Asia. 257-265.
33. Lafond, G.P.; Derksen, D.A. 1996. Long term potential of conservation tillage on the Canadian prairies. Canadian journal of plant pathology. 18, 151-158.
34. León, C. de. 1984. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 3ra. Edición. 2-55pp.
35. Lupwayi, N.Z.; Rice, W.A.; y Clayton, G.W. 1998. Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. Soil Biol Biochem vol 30 13, 1733-1741.
36. Marques, F. y Carlos, J. 2000. Soja em rotação com algodoeiro e milho no Sistema Plantio Direto. Rev Plantio Direto. 58:43-44.
37. Mehta, Y.R.; y Gaudêncio, C.A. 1991. The effects of tillage practices and crop rotation on the epidemiology of some major wheat diseases. Wheat for the non traditional warm areas a moceedings of the international conference, CIMMYT, México, D.F. 266-283pp.
38. Mehta, Y.R. 1981. Doenças de raízes. En Plantio direto no estado do Paraná. Londrina-Paraná. Fundação Instituto agrônomo do Paraná. Circular no. 23. 175-183pp.

39. Medina Pitalúa, J.L.; Urzúa S., F.; y Domínguez V., A. 1999. Experiencias sobre labranza de conservación en América Latina. En Memorias del simposio nacional sobre labranza de conservación sustento de una gricultura sostenible. Montecillo, México. 21-22pp.
40. Mullen, M.D.; Melhorn, C.G.; Tyler, D.D. y Duck, B.N. 1998. ¿?
41. Munkvold, G. 1996. Crown rot appearing in corn. En Plantio direto. September. 160-161.
42. Nazareno, N.R.X. 1981. Cultura do milho. En Plantio direto no estado do Paraná. Londrina-Paraná. Fundação Instituto agronómico do Paraná. Circular no. 23. 182-187pp.
43. Ochoa N., M. G.; Martínez R., A; Pérez N., J.; 1999. resultados de 10 años de labranza de conservación en Villadiego, Valle de Santiago, Gto. En Memorias del simposio nacional sobre labranza de conservación sustento de una gricultura sostenible. Montecillo, México. 44-45pp.
44. Pereyra, S.A.; Dill-Macky, R.; y Sims, L.A. 1999. Survival and inoculum potential of *Fusarium graminearum* in wheat residues. An international journal of the American Phytopathological Society. Vol. 89, no. 6 (Supplement). S60.
45. Raimbault, B.A., Vyn, T.J. 1991. Crop rotation tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal*. 83:979-984.
46. Rasmussen, P. E.; Rickman, R.W.; y Klepper, B.L. 1997. Residue and fertility effects on yield of no-till wheat. *Agronomy Journal*. 89:563-567.
47. Reis, E. 2000. Uma velha doença que resurge. *Rev. Plantio Direto*. 58: 65
48. Reis, E.M. 1993. Interações entre doenças e o plantio direto. En Simposio internacional sobre plantio direto em sistemas sustentáveis. Brasil. 152-156pp.
49. Romero C., S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma chapingo (Ed.). Chapingo, México.
50. Saari, E.E. 1986. Distribution and importance of root rot diseases of wheat, barley and triticale in south and Southeast Asia. 189-195pp. Villareal y Klatt Ar. México, CIMMYT.
51. Santos, HP-dos; Reis, EM; Lhamby, JCB; Wobeto, C. Dos Santos, HP. 1996. Effect of crop rotations on no-tillage wheat in Guarapuava, Parana. *Journal article*. 7.

52. Saremi, H., Burgess, L. W., Backhouse, D. 1999. Temperature effects on the relative abundance of *Fusarium* species in a model plant-soil ecosystem. Soil biology and biochemistry. 31:941-947.
53. Scopel, E. 1997. La labranza de conservación, una alternativa para la producción de maíz en condiciones de secano. Presentación en el III simposio internacional y IV reunión nacional de agricultura sostenible, del 16 al 19 de Noviembre de 1997, en Guadalajara Jalisco, México.
54. Schillinger, W.F., Cook, R.J., y Papendick, R.I. (1999). Increased dryland cropping intensity with no-till barley. Agronomy Journal, 91, 744-752.
55. Smiley, R.W.; Collins, H.P.; and Uddin, W. 1989. Influence of Long-Term Crop Management on Wheat Diseases in Eastern Oregon. Oregon State University and USDA-ARS, Pendleton, Oregon.
56. Sturz, A.V.; Carter, M.R.; y Johnston, H. W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. Soil & Tillage Research 41: 169-189.
57. Sumner, D.R., Gascho, G.J., Johnson, A. W., Hook, J.E., y Threadgill, E.D. 1990. Root diseases, populations of soil fungi, and yield decline in continuous double crop corn. Plant Disease, 74, 704-710.
58. Toresani, S.; Gomez, E.; Bonel, B.; Bisaro, V.; y Montico, S. 1998. Cellulolytic population dynamics in a vertic soil under three tillage systems in the Humid Pampa of Argentina. Soil & Tillage Research. 49, 79-83.
59. Triomphe, B. Scopel, E. 1999. Desarrollo y difusión de labranza de conservación: algunas lecciones de experiencias en México y América Latina. En Memorias del simposio nacional sobre labranza de conservación sustento de una agricultura sostenible. Montecillo, México. 41-43pp.
60. Viera, M. J.; Gaudêncio, C.A.; y Kochhann, R.A.. 1991. Tillage practices and soil physical degradation in the wheat cropping systems of the warmer areas of Latin America. In Tillage practices and soil degradation. 242-256pp.
61. Vyn, T.J. y Raimbault, B.A. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. Agronomy Journal. 85:1074-1079.
62. Weil, K.A.; and Shade, H.M. 1993 Effects of intensity of agronomic practices on a soil ecosystem. American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 8, 1,5-14pp.
63. Windels, C.E. y Wiersma, J.V. 1992. Incidence of *Bipolaris* and *Fusarium* on Suncrown Internodes of Spring Barley and Wheat Grown in Continuous

Conservation Tillage. The American Phytopathological Society Vol. 82, 6: 699-705pp.

64. Wong, P.T.W. 1985. Interactions between microbial residents of cereal roots. En Ecology and management of soilborne plant pathogens. St. Paul Minnesota, U.S.A. 144-147pp.

VIII. ANEXOS

CARACTERISTICAS EN CLA

CEPA	FORMA DE MACROCONIDIOS	MICROCONIDIOS (+/-)	FORMACION DE MICROCONIDIOS	CLAMIDOSPORAS
CEPA 2000				
W21(4)A	3-4 SEPTAS C/ PIE MARCADA CURV. DORSO VENTRAL., ROBUSTOS	0-3 SEPTAS, F. COMA, ELIPTICOS, ABUNDANTES	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN GRUPOS
W19(1)A	3-5 SEPTAS C/PIE CELULA APICAL COMO GANCHO	S/SEPTAS, ELIPTICOS, RENIFORMES, OVALES	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES
W19(3)A	3-4 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	(-)		ABUNDANTES
W19(2)B	3-4 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS	0-2 SEPTAS, F. COMA, ELIPTICOS, ESCASOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES
W19(4)B	3-4 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	ESCASOS, 0-1 SEPTAS	SCLOS	EN CADENAS
W46(2)B	3-4 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	(-)		ABUNDANTES, EN RACIMOS O CADENAS
W46(3)B	3-5 SEPTAS C/PIE	0-1 SEPTAS, ELIPTICOS, F. FRIJOL	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, EN RACIMOS O CADENAS
M23(1)				
M23(1)AI	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS	0-1 SEPTAS OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
M23(1)AII	CARACTERISTICOS			
M42(1)A	3-5 SEPTAS, C/PIE, CASI RECTOS, ABUNDANTES EN F. DE HUSO	0-1 SEPTAS ELIPTICOS, F. DE COMA, HALANTOIDES	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES SOLAS O EN GRUPOS
M42(4)B	CARACTERISTICOS			
M3(3)	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS, FORMA DE COMA, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN GRUPOS
M3(1)C	4-5 SEPTAS C/PIE DELGADOS A TODO LO LARGO	(-)		SOLAS O EN GRUPOS
M3(4)C	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS, ELIPTICOS, HALANTOIDES	SOLOS	SOLAS O EN CADENAS
M3(3)C	3-5 SEPTAS, C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES, ABUNDANTES
M41(1)B	CARACTERISTICOS			
M41(4)B	3-5 SEPTAS, CASI RECTOS, C/ PIE	OVALES, 0-1 SEPTAS, ABUNDANTES	FALSAS CABEZAS	(-)
M18(1)B	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS, HALANTOIDES		SOLAS O EN CADENAS
M18(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	ESCASOS, 0-1 SEPTAS, HALANTOIDES		SOLAS O EN GRUPOS
M59(4)A	3-5 SEPTAS, C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES, ABUNDANTES
M59(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS, OVALES, F. DE COMA, HALANTOIDES		SOLAS O EN CADENAS
M60(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	(-)		SOLAS O EN GRUPOS
W31(2)A	3-5 SEPTAS, C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN GRUPOS
W 53(3)A	4-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS	0-2 SEPTAS OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W9(3)C	CARACTERISTICOS			
M25(1)A	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS	0-1 SEPTAS ELIPTICOS, ABUNDANTES	FALSAS CABEZAS	(-)
M25(2)B	CARACTERISTICOS			
M25(3)B	CARACTERISTICOS			
M33(2)B	CARACTERISTICOS			
M33(3)B	4-5 SEPTAS C/PIE DELGADOS A TODO LO LARGO	(-)		(+)
M51(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, ELIPTICOS, ESCASOS	FALSAS CABEZAS	(+)
W28(2)A	CARACTERISTICOS			

W28(2)B	3-4 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS ELIPTICOS		(+)
W28(3)	3-4 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	0-1 SEPTAS ELIPTICOS		ABUNDANTES, SOLAS EN PARES O GRUPOS
W49(2)A	CARACTERISTICOS			
W49(3)A	CARACTERISTICOS			
W49(3)B	CARACTERISTICOS			
W49(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, IRREGULARMENTE CURVOS	0-1 SEPTAS, OVALES, ESCASOS		ABUNDANTES, SOLAS O EN CADENAS
W49(4)B	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W49(1)B	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W13(1)A	3-5 SEPTAS C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES SOLAS O EN PARES
W13(2)B	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	ESCASOS		SOLAS O EN GRUPOS
W13(1)C	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	ESCASOS	SOLOS	ABUNDANTES, SOLAS O EN GRUPOS
W13(2)C	3-5 SEPTAS C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES
W13(3)C	3-5 SEPTAS C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES
W13(3)D	3 SEPTAS, C/PIE, IRREGULARMENTE CURVOS, ABUND. EN F. DE HUSO	ESCASOS, FORMA DE COMA, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS
W39(4)A	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W39(3)C	3-5 SEPTAS C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
W39(4)C	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W10(1)A	3-5 SEPTAS C/PIE, CELULA APICAL COMO GANCHO	RENIFORMES, OVALES, ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	SOLAS
W10(2)A				EN GRUPOS
W10(2)C	CARACTERISTICOS			
W40(1)A				
W40(2)A	CARACTERISTICOS			
W40(4)C	3-5 SEPTAS C/PIE, C/PAPILA, RELATIVAMENTE ROBUSTOS	ESCASOS		EN GRUPOS O CADENAS
W34(1)B	3-5 SEPTAS C/PIE, CASI RECTOS, PARED DELGADA	0-1 SEPTAS, OVALES	FALSAS CABEZAS	(-)
W34(4)C	3-5 SEPTAS, C/PIE PARECIDOS A MONILIFORME	0-1 SEPTAS, ELIPTICOS		EN GRUPOS

CARACTERISTICAS EN CLA

CEPA	FORMA DE MACROCONIDIOS	MICROCONIDIOS (+/-)	FORMACION DE MICROCONIDIOS	CLAMIDOSPORAS
CEPA98				
W11(3)	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		(+)
W34(7)	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		(+)
W34(12)	3-5 SEPTAS RELATIVAMENTE ROBUSTOS, C/PIE C/PAPILA	ESCASOS, 0-1 SEPTAS		SOLAS
W34(17)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, RENIFORMES, ELIPTICOS S/SEPTAS		ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
W34(21)	3-5 SEPTAS C/PIE CASI RECTOS (PARECIDOS A MONILIFORME	OVALES, 0 A 1 SEPTA	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN CADENAS
W34(22)	3-5 SEPTAS	ESCASOS,0-1 SEPTA, OVALES		SOLAS O EN CADENAS O GRUPOS
W37(6)	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		(+)
W39(4)	3-5 SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO	ELIPTICOS, OVALES, FORMA DE COMA, CURVOS, S/SEPTAS		ABUNDANTES, SOLAS
W40(5)				
W53(6)	3-5 SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO	ESCASOS, MARCADAMENTE ENCORVADOS		ABUNDANTES
M3(2)	3-5 SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO	FORMA DE COMA, OVALES, 0-1 SEPTA		ABUNDANTES SOLAS O EN GRUPOS
M3(5)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES
M4(1)b	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, ELIPTICOS, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
M22(2)	3/5SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO	ESCASOS, MARCADAMENTE ENCORVADOS	FALSAS CABEZAS	ESCALA, SOLAS
M23(13)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS
M25(4)	3-5 SEPTAS C/PIE	ESCASOS, FORMA DE COMA, OVALES 0-1 SEPTA		ABUNDANTES, AISLADAS
M25(8)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, ELIPTICOS, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN GRUPOS O CADENAS
M29(9)	3-5 SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO			
M33(14)	3-5 SEPTAS C/PIE, ABUNDANCIA DE C. EN F. DE HUSO	ELIPTICOS, HALANTOIDES, 0-1 SEPTA	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
M33(17)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	SOLAS
M33(21)	3-5 SEPTAS BIEN MARCADAS, PARECIDOS A MONILIFORME	ELIPTICOS	FALSAS CABEZAS	ESCASAS, EN RACIMO O SOLAS
M33(22)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	OVALES, RENIFORMES, S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
M41(2)	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		(+)
M42(23)	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		(+)
M51(12)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	ABUNDANTES, OVALES, RENIFORMES, S/ SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN CADENAS
M58(1)	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	HALANTOIDES, RENIFORMES, MARCADAMENTE CURVOS,S/SEPTAS	FALSAS CABEZAS	SOLAS O EN PARES
M59(18)	ROBUSTOS 3-4 SEPTAS C/PAPILA	ESCASOS, OVALES, 0-1 SEPTA		ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
M64(6)	ROBUSTOS 3-4 SEPTAS C/PAPILA	(+)		EN GRUPOS O RACIMOS
CEPA99				
W18/1	3-4 SEPTAS RELATIVAMENTE ROBUSTOS C/PAPILA	ESCASOS		ABUNDANTES, SOLAS O EN RACIMOS
W37/2	3-5 SEPTAS C/PIE,C.APICAL COMO GANCHO	ELIPTICOS, RENIFORMES, OVALES, S/ SEPTAS	FALSAS CABEZAS	ABUNDANTES, SOLAS O EN PARES
W12/1	CARACTERISTICOS DE LA ESPECIE	(-)		

CARACTERÍSTICAS EN PDA

CEPA	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	MICELIO	AEREO	COLOR DE LA COLONIA	COLOR DE LA MASA DE ESPORAS	DIÁMETRO DE LA COLONIA		IDENTIFICACION
		(+/-)	COLOR			25°C	30°C	
CEPA98								
W11(3)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON	4,6	3,9	<i>F. equiseti</i>
W34(7)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	CAFÉ	3,3	4	<i>F. equiseti</i>
W34(12)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO TINTO	NARANJA/VIOLETA?	2,5	2,7	<i>F. oxysporum</i>
W34(17)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,3	2,4	<i>F. oxysporum</i>
W34(21)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON	2,4	2,7	
W34(22)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO TENUE	NARANJA	2,5	2,8	
W37(6)	NO MAS DE 7cm	PRESENTE	BLANCO	BEIGE	SALMON	3,4	4	<i>F. equiseti</i>
W39(4)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO	VINO AZULOSO	2,6	3	
W40(5)	LENTO	AUSENTE		INCOLORA	NARANJA	1,9	1,4	
W53(6)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON	2,5	2,8	<i>F. oxysporum</i>
M3(2)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	VINO AZULOSO	2,2	2,4	
M3(5)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,6	2,8	<i>F. oxysporum</i>
M4(1)b	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	3,1	2,5	<i>F. oxysporum</i>
M22(2)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO	VINO AZULOSO	2,4	2,5	
M23(13)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA/VIOLETA	2,7	2,6	<i>F. oxysporum</i>
M25(4)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA ROJIZO	VINO AZULOSO	2,1	2,8	
M25(8)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMON	NARANJA	2,2	1,7	<i>F. oxysporum</i>
M29(9)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO TINTO	VINO AZULOSO	2,4	2,7	
M33(14)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,4	2,8	
M33(17)	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	INCOLORA	NARANJA/AZULOSO	3,2	3,5	<i>F. oxysporum</i>
M33(21)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO TENUE	VINO/VIOLETA	2,8	2,5	
M33(22)	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	INCOLORA	VIOLETA AZULOSO	3,1	3,2	<i>F. oxysporum</i>
M41(2)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMON	NARANJA	4,7	4,4	<i>F. equiseti</i>
M42(23)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	5,7	5	<i>F. equiseti</i>
M51(12)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	VIOLETA AZULOSO	3	3,4	<i>F. oxysporum</i>
M58(1)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	3	2,5	<i>F. oxysporum</i>
M59(18)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA	NARANJA	2,5	2,1	<i>F. sambucinum</i>
M64(6)	NO MAS DE 7cm	PRESENTE	BLANCO	CANELA CLARO	NARANJA/CAFÉ	2,4	2,4	<i>F. sambucinum</i>
CEPA99								
W18/1	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON	2,4	2,5	<i>F. sambucinum</i>
W37/2	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA ROJIZO	3,3	2,3	<i>F. oxysporum</i>
W12/1						4,5		<i>F. graminearum</i>

CARACTERÍSTICAS EN PDA

CEPA	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	MICELIO	AEREO	COLOR DE LA COLONIA	COLOR DE LA MASA DE ESPORAS	DIÁMETRO DE LA COLONIA		IDENTIFICACION
		(+/-)	COLOR			25°C	30°C	
CEPA 2000								
W21(4)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMON PALIDO	NARANJA	2,5	3,1	
W19(1)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMÓN/VIOLETA	NARANJA	3,9	3,8	<i>F. oxysporum</i>
W19(3)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMÓN/VIOLETA	NARANJA	2,7	3	
W19(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	NARANJA PÁLIDO	NARANJA	2,8	3,5	
W19(4)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA	NARANJA	2,3	3	<i>F. sambucinum</i>
W46(2)B	4.5CM	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,3	2,1	
W46(3)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	SALMÓN PÁLIDO	NARANJA	2,4	2,6	
M23(1)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO			4,3	4,5	
M23(1)AI	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VINO	VIOLETA	3,2	2,6	<i>F. subglutinans</i>
M23(1)AII	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	CANELA	3,7	2,9	<i>F. equiseti</i>
M42(1)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMÓN	2,5	2,8	
M42(4)B	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO			3,7	2	<i>F. equiseti</i>
M3(3)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,3	2,8	
M3(1)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,5	2,7	
M3(4)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO			2,8	2,8	<i>F. sambucinum</i>
M3(3)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,9	2,9	<i>F. oxysporum</i>
M41(1)B	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO			3,7	2,7	<i>F. equiseti</i>
M41(4)B	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	CANELA	MORADO OSCURO	3,3	3,5	<i>F. subglutinans</i>
M18(1)B	NO MAS DE 7cm	PRESENTE	BLANCO/SALMON	SALMON PALIDO	NARANJA	2,3	2,8	<i>F. sambucinum</i>
M18(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO/SALMON	CANELA	NARANJA	2,5	2,2	
M59(4)A	RAPIDO	EDO. PIONATAL		INCOLORA	NARANJA	2,7	2,5	<i>F. oxysporum</i>
M59(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2,3	2,7	<i>F. sambucinum</i>
M60(2)B	RAPIDO	EDO. PIONATAL	BLANCO	INCOLORA	VINO/NARANJA	2,5	3	<i>F. sambucinum</i>
W31(2)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	2,6	2,6	<i>F. oxysporum</i>
W 53(3)A	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	VIOLETA	MORADO OSCURO	3,1	2,4	<i>F. subglutinans</i>
W9(3)C			CARACTERISTICO			3	3,2	<i>F. equiseti</i>
M25(1)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO/ROJIZO	CANELA	VINO/AZULOSO	2,7	3	
M25(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CAFÉ CLARO	SALMON/NARANJA	5	4,1	<i>F. equiseti</i>
M25(3)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	3,1	4	<i>F. equiseti</i>
M33(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	CAFÉ QUEMADO	2,6	3,2	<i>F. equiseti</i>
M33(3)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	CANELA	2,3	2,8	
M51(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON PALIDO	2,2	2,5	

W28(2)A	NO MAS DE 7cm	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	5	4.8	<i>F. equiseti</i>
---------	---------------	----------	--------	----------	----------------	---	-----	--------------------

W28(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CAFÉ MUY CLARO	SALMON/NARANJA	2.4	2.7	
W28(3)	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	2.2	2.6	<i>F. sambucinum</i>
W49(2)A	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO			2.5	1.8	<i>F. equiseti</i>
W49(3)A	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO			4.5	3.1	<i>F. equiseti</i>
W49(3)B	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO					<i>F. crookwellense</i>
W49(2)B	NO MAS DE 7cm	PRESENTE	BLANCO	VINO POCO DIF. EN AGAR	ROJIZO	2.4	2.9	
W49(4)B	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	INCOLORA	NARANJA	2.8	2.2	<i>F. subglutinans</i>
W49(1)B	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	INCOLORA	VIOLETA AZULOSO	3.2	2.7	<i>F. subglutinans</i>
W13(1)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	3	2.6	<i>F. oxysporum</i>
W13(2)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA	AZULOSO/NARANJA	2.5	3.1	
W13(1)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA	AZULOSO/NARANJA	2.5	2.7	<i>F. sambucinum</i>
W13(2)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	3.5	3.3	<i>F. oxysporum</i>
W13(3)C	4 cm	PRESENTE	VIOLETA	VIOLETA	VIOLETA	3.4	3.2	<i>F. oxysporum</i>
W13(3)D	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	3.5	3.6	
W39(4)A	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	CANELA POCO DIF. EN AGAR	VIOLETA/NARANJA	3.7	3.4	<i>F. subglutinans</i>
W39(3)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2.5	2.7	<i>F. oxysporum</i>
W39(4)C	RAPIDO	PRESENTE	VIOLETA	CANELA POCO DIF. EN AGAR	SALMON/NARANJA	3.6	3	<i>F. subglutinans</i>
W10(1)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	VIOLETA CLARO	VIOLETA/NARANJA	3.2	3.4	<i>F. oxysporum</i>
W10(2)A	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	2.5	2.8	
W10(2)C	5cm	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	SALMON/NARANJA	2.5	3	<i>F. equiseti</i>
W40(1)A								
W40(2)A	RAPIDO	PRESENTE	CARACTERISTICO			2.8	3.2	<i>F. equiseti</i>
W40(4)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	ROJIZO POCO DIF. EN AGAR	NARANJA	2.5	2.5	<i>F. sambucinum</i>
W34(1)B	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	INCOLORA	NARANJA	2.4	2	<i>F. subglutinans</i>
W34(4)C	RAPIDO	PRESENTE	BLANCO	CANELA	VINO	2.5	2.7	

