

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Importancia de la semilla de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.)
como fuente de inóculo del tizón foliar (*Bipolaris sorokiniana*) (Sacc.)
Shoem. en Navidad, Nuevo León.**

Por:

Magalidia Arebalo Madrigal.

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2008.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Importancia de la semilla de cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) como fuente de inóculo del tizón foliar (*Bipolaris sorokiniana*) (Sacc). Shoem. en Navidad, Nuevo León.

POR

Magalidia Arebalo Madrigal

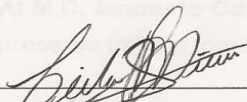
TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

A PROBADA


Dra. Leyla Minea Vázquez Siller.
PRESIDENTE DEL JURADO


M.C. Modesto Colín Rico.
SINODAL


Dr. Víctor M. Zamora Villa
SINODAL


Dr. Mario E. Vázquez Badillo

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2008.

A G R A D E C I M I E N T O S

A DIOS por darme la oportunidad de vivir, la capacidad para poder seguir adelante y alcanzar una de mis metas más importantes; por estar conmigo en todo momento y por cuidar de mis familiares mientras estuve ausente y permitirles ver uno de mis logros en esta vida.

A la Dra. Leila Minea Vásquez Siller, por su valiosa asesoría y facilidades presentadas para la realización de esta investigación, por su confianza y apoyo depositado en mí.

Al M.C. Modesto Colín Rico, por toda su disponibilidad depositada para que el presente trabajo lograra las metas propuestas.

Al Dr. Víctor M. Zamora Villa, por su apoyo brindado en el área estadística y revisión de este trabajo.

A todos mis maestros, que contribuyeron a mi formación profesional y que con sus sabios consejos me hicieron realizarme como profesionalista.

A las laboratoristas Sandra Luz García Valdéz y Martina de la Cruz Casillas, por su ayuda incondicional en el laboratorio que me brindaron para realizar este trabajo de investigación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de realizarme como profesionalista.

“PARA TODOS ELLOS MIL GRACIAS.

DEDICATORIAS

Con gran respeto y admiración dedico esta tesis a mis queridos padres:

Sra. Magnolia Madrigal Pérez.

Sr. Elio Arévalo Hernández.

Por haberme brindado todo su apoyo incondicionalmente y con paciencia y sacrificio hicieron posible que mis estudios concluyeran, gracias por el amor y cariño depositados en mí a lo largo de mi vida. Por el esfuerzo que realizarán por darme la oportunidad de estudiar, es un orgullo de mi parte, el decirles y demostrarles que mi sueño se cumplió, "Dios los bendiga hoy y siempre".

A mí adorada hija Karyme, por ser la luz de mi vida y el mejor regalo que Dios me dio además de ser el motivo más fuerte de seguir adelante.

A mis hermanos, Adriana Isabel, Ubel, Luis Enrique, José Manuel, Erisel, Rubiel, Claraluz, Bianca, Eli, Rocío y Jhoanner, por su gran cariño, comprensión y apoyo económico haciendo posible la culminación de mi carrera y sobre todo por ser como son, unos verdaderos amigos. Gracias por el infinito apoyo moral existente. A mi hermana Clari mil gracias por cuidar de mi hija como si fuera de ella a lo largo de mi estancia como estudiante, gracias por ser además de una hermana una gran amiga para mí.

A mis queridos sobrinos, Brenda, Cristeli, Alondra, Alejandra, Gerardo, Geiner, y Manuelito ojala y el presente trabajo les sirva como un estímulo para su formación profesional.

A mis cuñadas, Verónica y Maybeth por el gran apoyo moral que me brindaron cuando más lo necesitaba y darme palabras de aliento para seguir adelante.

Y a todos mis familiares, primos, primas tíos, tías; que siempre creyeron en mí y me dieron palabras de aliento, y hoy más que nunca me siento orgullosamente feliz de tener una familia como ustedes. En especial a mi tío Carmen por su apoyo económico y por sus palabras que me impulsaban a continuar y estar siempre pendiente de mí.

A la señora Guadalupe Cordero, la cual le viviré eternamente agradecida por haberme abierto las puertas de su casa y darme la mano en el momento más difícil de mi vida y brindarme su ayuda tanto económica como moral mil gracias por esas palabras que me impulsaron y motivaron a seguir adelante .

A mis amigos de la generación, Amalia, Denisse, Rocío, Anita, Eva, Yesenia, Armando, Héctor, Gabriel, Roel, Rosauro, Carlos, Marcelino, Niño, Rafa, Abner, Fernando y en especial a Yuri por ser mi mejor amiga y a Sergio Eduardo Ortega Mota por estar a mi lado y brindarme su cariño y por ser una persona muy especial para mí.

A mis compañeras de cuarto (Internado Hidalgo), Esthela, Lidia, Mari, Cristi Olí y Paloma por estar a mi lado en los momentos tristes y alegres de mi vida y contar con su valiosa ayuda en todo momento además de ser unas excelentes compañeras unas grandes amigas.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (UAAAN) el cual consistió en dos etapas: laboratorio e invernadero.

Se utilizaron semillas de 26 líneas de cebada forrajera imberbe y la variedad Cerro Prieto desarrollados por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN.

Se determinó el porcentaje de incidencia de infección en semilla por *Bipolaris sorokiniana* aplicando la prueba de papel secante y congelamiento en 200 semillas de cada línea analizada. La identificación del hongo se realizó mediante claves taxonómicas basadas en morfología de dicho hongo donde se observaron las características de los conidios y conidióforos, identificando a dicho hongo como el agente causal de tales infecciones.

Los resultados obtenidos en laboratorio mediante la prueba realizada de “papel secante y congelamiento” revelaron que la línea con más alto porcentaje de infección en semillas fue la 11 (Narro-274-02) mientras que la menos infectada resulto ser la 14 (Narro-310-02)

La evaluación de la transmisión de *B. sorokiniana* de semilla a plántula de cebada, se realizó tomando muestras de 100 semillas de cada línea y de la variedad Cerro Prieto; se sembraron en invernadero y se contaron las plantas que presentaron lesiones tipo tizón foliar y se procesaron en el laboratorio para el diagnóstico respectivo. Las lesiones resultaron positivas a la infección del hongo *Bipolaris sorokiniana*, corroborando así su transmisión en las líneas de cebada forrajera.

Los síntomas de tizón foliar se presentaron a los 12 días después de la siembra y la línea con más incidencia fue la 19 (Narro-428-02) con alto grado de susceptibilidad en comparación con las demás, mientras que la menos dañada resultó ser la línea 9 (Narro-218-02). La variación en los resultados de la incidencia de infección con semilla y de la transmisión de *B. sorokiniana* se asociaron principalmente al potencial de resistencia y susceptibilidad que se observaron en las diferentes líneas analizadas y a la posible ubicación y cantidad del inóculo dentro de la semilla.

Los datos de ambos bioensayos se analizaron estadísticamente con un diseño completamente al azar, utilizando cada línea como un tratamiento con 4 repeticiones tanto en laboratorio como en invernadero con sus respectivos análisis de varianza y pruebas de medias (DMS). Los resultados obtenidos demuestran que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos tanto en invernadero como laboratorio ($P < F = < 0.0001$).

Las comparaciones de los resultados de infección y transmisión para cada línea estudiada, en las que las accesiones como 19 (Narro-428-02), 20 (Narro-477-02) y la 25 (Narro-116-02) en las que se observaron porcentajes de infección de 12, 5 y 5, generaron altos porcentajes de transmisión del hongo a plántulas consistentes de 80, 32 y 40% respectivamente, con lo que se constata que la semilla de cebada forrajera pueden tener un alto potencial epidemiológico como fuente de inóculo primario.

Palabras claves. Patógeno, *Bipolaris sorokiniana*, semilla, inóculo, hongo, infección, transmisión.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
El cultivo de la cebada forrajera en México	5
Clasificación taxonómica de la cebada forrajera.....	7
Etapas fenológicas de la cebada	11
Siembra.....	11
Etapa de macollamiento.....	11
Etapa de encañado.....	12
Etapa de floración.....	12
Etapa de llenado de granos.....	13
Enfermedades de manchas foliares en los cereales de grano pequeño.....	13
Enfermedades de manchas foliares en el cultivo del cebada.....	16
Etiología de <i>Bipolaris sorokiniana</i>	17
Clasificación taxonómica de <i>Bipolaris sorokiniana</i>	18
Ciclo de vida de <i>Bipolaris sorokiniana</i>	18
Síntomas del tizón foliar.....	19
Epidemiología del tizón foliar de la cebada.....	19
Aire.....	20
Semilla.....	20
Hospederos alternantes.....	21
Suelos.....	21

Control de la enfermedad.....	22
Importancia de la semilla sana.....	22
MATERIALES Y METODOS.....	24
RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47

INDICE CUADROS

Cuadro.	Pág.
1. Materiales genéticos evaluados para detectar la incidencia de infección en semillas y plántulas de cebada forrajera.....	26
2. Análisis de varianza para la variable infección de semillas.....	35
3. Comparación de medias de la incidencia de infección de <i>Bipolaris sorokiniana</i> en semillas de cebada.....	37
4. Análisis de varianza para invernadero para la variable Plantas infectadas.....	41
5. Comparación de medias de la incidencia de transmisión de <i>Bipolaris sorokiniana</i> en plántulas de cebada bajo condiciones de invernadero.....	42
6. Incidencia de infección de <i>Bipolaris sorokiniana</i> en semillas y plántulas de cebada forrajera.....	45

INTRODUCCIÓN

La cebada es una especie cultivada en México y su importancia se debe a que se utiliza como fuente de alimento del ganado y como malta, por lo que ocupa entre los cereales el cuarto lugar en importancia económica a nivel mundial, superado solamente por el maíz, trigo y avena.

A nivel nacional, la superficie sembrada se estima aproximadamente en 330 mil hectáreas, con una producción anual promedio de 600 mil toneladas. Siendo los principales estados productores Guanajuato, Hidalgo, Sonora, Puebla y Tlaxcala. En México se cultivan dos importantes especies: *Hordeum hexastichum* L., que se emplea para la obtención de cerveza ya que tiene granos más desarrollados que dan un mayor rendimiento y *Hordeum distichum* L. que se utiliza básicamente como forraje para la alimentación de cualquier tipo de ganado. Sin embargo las diversas enfermedades que atacan a este cultivo limitan la producción.

El cultivo de la cebada forrajera tiene diversas limitantes de tipo agronómico que incluye la incidencia de enfermedades foliares que pueden mermar la cantidad de lámina foliar durante su formación en la planta hasta su conversión en malta o bien hasta su consumo por animales, los granos se encuentran expuestos a la incidencia de fitopatógenos que generan diversas enfermedades incluyendo aquellas causadas por hongos.

Las enfermedades causadas por hongos en la cebada forrajera provocan pérdidas en la calidad del follaje lo que conlleva a pérdidas económicas y un riesgo sanitario para los consumidores pecuarios debido al potencial de algunas especies fúngicas para producir micotoxinas. Respecto a las enfermedades fungosas hay varias que atacan a la cebada como son las royas, carbones, tizones y manchas foliares. Entre los hongos que causan manchas foliares en la cebada se encuentra *Bipolaris sorokiniana* el cual ocasiona pérdidas del orden del 50%; dicho fitopatógeno genera manchas

foliares que pueden limitar el uso de la cebada forrajera para propósito de alimentación de ganado por disminuir la calidad y cantidad del mismo.

La semilla infectada por este hongo introduce el inóculo en el campo, mediante la asociación semilla-patógeno, el hongo asegurando la continuidad de su ciclo de vida sin correr el riesgo de morir por inanición. El hongo, acompaña a su fuente de alimento, esperando el comienzo del proceso de germinación de la semilla para volver a parasitar iniciando diversos ciclos infectivos durante un mismo ciclo agrícola.

Actualmente se desconoce el potencial epidemiológico que tiene la semilla de cebada forrajera como portadora de propágulos infectivos de *B. sorokiniana* que pueden llevarse al campo y generar enfermedad, por lo que el objetivo de esta investigación es determinar el potencial epidemiológico de la semilla de cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) como fuente de inóculo de *Bipolaris sorokiniana*.

OBJETIVOS

Objetivo general.

- Determinar el potencial epidemiológico de la semilla de cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) como fuente de inóculo de *Bipolaris sorokiniana*.

Objetivos específicos.

- Evaluar la incidencia de infección en semilla de cebada del hongo *Bipolaris sorokiniana*.
- Evaluar la transmisión de *Bipolaris sorokiniana* en plántulas de cebada.
- Estimar la relación entre la incidencia de infección en semilla de *Bipolaris sorokiniana* y la infección en plántulas causada por dicho hongo.

HIPÓTESIS

Ho: La semilla de la cebada forrajera no tiene importancia como fuente de inóculo para la diseminación del hongo *Bipolaris sorokiniana*.

Ha: La semilla de la cebada forrajera tiene importancia relevante para la diseminación del hongo *Bipolaris sorokiniana*.

REVISIÓN DE LITERATURA.

El cultivo de la cebada forrajera en México.

En la actualidad este cereal se produce en casi todo el mundo, en México aproximadamente el 70% de la cebada que se produce es específica para ser utilizada por la industria maltera y el 30% restante se utiliza para la alimentación del ganado (Vega, 1994). La diferencia entre la cebada maltera y forrajera está principalmente en el contenido de proteína. Mientras que para la alimentación animal se busca un porcentaje por arriba de 12%, para la producción de cerveza debe ser menor (Parsons, 1990).

La acumulación de proteína en el grano depende de muchos factores, entre otros, de la fertilización, la calidad de la tierra, las horas luz, la variedad, etcétera (Vega, 1994). En ocasiones puede ocurrir que la cebada sembrada para fines de la industria cervecera, al término del ciclo de producción no reúna los criterios de calidad requeridos, por lo que el grano tiene que destinarse a la ganadería. Esta situación dificulta el levantamiento de la información estadística, por lo que no se dispone de datos realmente confiables sobre la producción de cebada forrajera en México (Robles, 1990).

Bajo condiciones normales de crecimiento, la cebada que produce alto rendimiento y buen peso por unidad de volumen, es satisfactoria para su uso como forraje (Poehlman, 1976).

Uno de los principales problemas a que se enfrentan en la actualidad los ganaderos, es la falta de insumos para alimentar al ganado especialmente durante épocas críticas como en el periodo invernal, es ahí donde los cereales representan importantes alternativas para la producción ganadera, ya que su uso se ha extendido en los últimos años, utilizándolos en pastoreo, heno, verdeo, picado y ensilado. (Colín et al, 2004). Dichos cultivos presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de

carbono. El ensilado de estas especies es el método más práctico de utilizarlos en la alimentación del ganado (Hernández, 1987)

Es importante considerar que las cebadas de dos hileras (*Hordeum distichum* L) presentan características forrajeras superiores a su contraparte de seis hileras (*Hordeum hexastichum* L.) Debido a su mayor capacidad de amacollamiento además de tener una mayor tolerancia a enfermedades y mejor desarrollo del grano (Salazar, 1989). Estas características y otras presentes en las cebadas de dos hileras, son de importancia para el desarrollo de variedades mejoradas para un alto rendimiento y resistencia a enfermedades, así como para la obtención de cebadas de doble propósito (producción de grano y forraje) (Colin et al 2007).

Poehlman (1981), menciona que las cebadas que se utilizan para alimentación del ganado deben ser de alta productividad, por lo que se busca: elevado ahijamiento, elevado número de granos por espiga, alto peso hectolítrico, resistencia al acame, resistencia al desgrane, resistencia a enfermedades y elevado contenido de proteínas.

El momento óptimo de corte de cebada forrajera es en inicio de floración y en estado vegetativo cuando se van a alimentar borregos en crecimiento u ovejas en comienzo de gestación; si el cultivo acepta más de un corte, el momento óptimo sería en estado vegetativo avanzado, independientemente del estado fisiológico de los ovinos (Orcarberro y Briseño 1983).

Clasificación taxonómica de la cebada.

La planta de cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera.
(Robles, 1990).

Reino.....Vegetal

División.....Tracheophyta.

Subdivisión.....Pterosidae.

Clase.....Angiospermae.

Subclase.....Monocotiledónea.

Grupo..... Glumiflora.

Orden.....Graminales.

Familia.....Poaceae.

Gênero.....Hordeum.

Espécie..... Hordeum vulgare L.

Etapas fenológicas del cultivo de la cebada.

La cebada tiene un ciclo de vida de 105 días contando desde la siembra hasta la cosecha (Olmos, 1995).

Siembra –emergencia (Días 1 a 8 días).

Cuando se siembra en húmedo el primer día del ciclo es el día de la siembra. La densidad de siembra y fertilización varía con el tipo de suelo y la variedad (Rojas, 1997).

Etapa de amacollamiento. (21 días)

A partir de los subnodos del eje principal se producen brotes secundarios llamados macollos, los cuales comienzan a emerger cuando las plantas presentan tres hojas; en la medida que crecen van generando su propio sistema de raíces, logrando así independizarse de la planta que les dio origen. La cebada presenta una producción de macollos similar a la del trigo, obteniéndose en el caso de las cebadas primaverales, un promedio de dos a tres macollos por planta. Sin embargo, la muerte de macollos más pequeños, una vez que se inicia la floración en el tallo principal, y la competencia por luz que se genera sobre los macollos que se encuentran atrasados en su desarrollo, determinan que en promedio se obtenga solamente un macollo productivo por planta (Guerrero, 1987).

En esta etapa en suelos ligeros se realiza la segunda fertilización, se realiza en control de hierbas en el cual se puede aplicar herbicidas desde que se ve el tallo inicial y durante el amacollamiento antes del encañe, se inician las inspecciones al cultivo para detectar la presencia de plagas y enfermedades (Olmos, 1995).

Etapa de encañado (36 días)

A partir del encañe la cebada se desarrolla con rapidez y es cuando se deben hacer inspecciones al cultivo con mayor frecuencia y cuidado. (Olmos, 1995). El primer internudo del tallo principal se elonga a partir del punto de unión del mesócotilo con el coleoptilo. En la medida que el primer internudo se aproxima a la superficie del suelo, comienza a evidenciarse una pequeña protuberancia en su parte apical; esta protuberancia, que corresponde al primer nudo que asomará sobre el nivel del suelo, marca el comienzo de la fase de encañado (Lizárraga, et al 1980).

La etapa de encañado podrá determinarse en forma oportuna en la medida que haya una atención permanente sobre el desarrollo del cultivo; sólo así podrá detectarse el primer nudo antes de que se haga presente sobre la superficie del suelo. En ese momento es posible visualizar la futura espiga, la cual se encuentra justo sobre dicho nudo, presentando un tamaño de aproximadamente 5 mm. De ahí en adelante se produce un rápido crecimiento de los tallos, los cuales, durante la etapa de encañado, van estructurándose en base a la formación de nuevos nudos e internudos (Rojas, 1997).

Etapa de floración (51 días)

La etapa de floración comienza al iniciarse el desembuchamiento de la espiga a través de la vaina de la hoja bandera u hoja superior. Primeramente, asoma la punta de la espiga y luego viene una elongación gradual de ésta, hasta que alcanza su completa expresión en la posición más alta de la planta. Cuando las condiciones ambientales son propicias para el desarrollo de la roya lineal amarilla y, si la variedad es susceptible, en esta etapa se acelera la virulencia del hongo. La hoja bandera debe protegerse mediante la aplicación de un fungicida sistémico con el fin de mantenerla sana y pueda fabricar las sustancias sólidas que le dan tamaño y peso al grano (Guerrero, 1987).

Aparecen plagas como el gusano soldado que se alimenta de noche comiéndose las hojas y trozando la base de las espigas. De día descansa en la base de las plantas. Se traslada de un terreno a otro en grupos grandes de larvas. Cuando se presenta el gusano soldado como es una larva muy voraz, debe controlarse con un insecticida de contacto, aplicándolo después de la floración (Olmos, 1995).

Etapas de llenado de granos (70 días)

Cuando la espiga ya está bien formada se ven los granos grandes y gordos por que están constituidos principalmente por agua, el grano alcanza un estado lechoso suave cuando al exprimirlo con los dedos sale un líquido lechoso. El grano llega al estado masoso duro cuando el endospermo es firme debido a los compuestos sólidos acumulados. Cuando cesa la acumulación de compuestos sólidos el grano ha alcanzado su madurez fisiológica (Olmos, 1995).

La madurez fisiológica se produce cuando los granos alcanzan un 40% de humedad; en ese momento el último internudo se presenta seco y las glumas han perdido su color verde. Una vez lograda la madurez fisiológica, sólo resta que las semillas pierdan humedad hasta llegar a un 14%.

En las cebadas de dos hileras todos los granos son simétricos, pero en las de seis hileras, los dos tercios correspondientes a las hileras laterales de la espiga, son torcidos o encorvados. Los granos provenientes de las hileras laterales presentan, además, un menor tamaño y un peso 13 a 20% inferior (Guerrero, 1987).

Enfermedades de manchas foliares en los cereales de grano pequeño

El tizón de los cereales (*Helminthosporium sativum*) a el cual actualmente se le conoce como *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. Es uno de los causantes de mayores problemas al follaje del trigo, cebada y centeno, formando manchas café que producen secamiento foliar y merma de la producción. Cinco especies pertenecientes al género *Bipolaris* son patógenos

importantes de los cultivos cerealícolas y están distribuidos ampliamente en todo el mundo (Moreno, 1988).

El género *Bipolaris* incluye un gran número de especies que atacan principalmente a cereales en todas partes del mundo, presentando un gran número de variación de síntomas en sus hospedantes, tales como tizones, rayados, manchas y decoloraciones son causadas por la mayor parte de estas especies. Algunas de ellas causan también tizón o marchites y muerte de plántulas, pudriciones de la raíz, daño a nudos y tallos, así como tizones en la espiga (Mathre, 1987). En México, los únicos estudios de daños causados por enfermedades en cebadas se refieren al daño causado por royas, como *Puccinia hordei* en 1978 y al ocasionado por *Bipolaris sorokiniana*. (Alcorn, 1988). En consecuencia, se considera que las especies *Bipolaris* presentan un gran potencial patogénico por lo cual hay que conocer las especies presentes en México para procurar su control (Romero, 1993).

Las especies dentro de este grupo pueden identificarse principalmente por las características de sus conidios, los cultivos que infectan y los síntomas que producen como se describen a continuación:

Bipolaris sorokiniana (tizón de la hoja). Los conidios se observan negros y brillantes con aumentos pequeños y con aumentos mayores se ven de color café oliva oscura. Este patógeno puede afectar a todos los cereales de grano pequeño siendo menos común en avena (Romero, 1993).

Bipolaris cynodontis (Mancha amarilla de la hoja o mancha bronceada). Las primeras manchas de la hoja causada por esta enfermedad puede tener bordes definidos de color amarillo alrededor de lesiones ovales de color paja a café grisáceo. Este hongo afecta a centeno y cebada en mayor frecuencia (Zillinsky, 1984).

Bipolaris avenae (Quemadura foliar de la avena). Esta enfermedad solo ataca a avena. Los conidios son de color café grisáceo claro, cilíndricos, rectos a ligeramente curvos, con cuatro a seis septas y miden de 80-120 micrómetros x 12-18 micrómetros (Zillinsky, 1984).

Bipolaris spiciferas (Barnnet) Subran. (Mancha reticulada) Las manchas reticuladas empiezan con pequeñas lesiones café a rayas cortas y se expanden en forma irregular con pigmentación interna de color café. Esta enfermedad se encuentra en la cebada, pero ocasionalmente afecta al trigo y triticale (Zillinsky, 1984).

Bipolaris victoriae (Meeham y Murphy) Shoem. (Mancha estriada) Esta enfermedad ataca solo a la cebada conforme se desarrolla la planta, cada hoja sucesiva va mostrando estrías que son amarillas al principio y después se vuelven de color café o gris oscuro. Las hojas tienden a abrirse y desgarrarse (Mathre, 1987).

Bipolaris zeicola (Stout) Shoem. (*Mancha ocular bandeada, mancha ocular zonada*) Las lesiones que causa esta enfermedad son muy peculiares, aparecen como pequeñas manchas amarillas rodeadas de bordes de color café oscuro. La enfermedad puede afectar a todos los cereales de grano pequeño y solo se presenta en regiones húmedas subtropicales (Carmona, et al 1999).

Bipolaris spiciferum (*Mancha de la hoja de los cereales*). El color de las manchas de la hoja varia de café claro a café grisáceo, estas son de forma irregular y generalmente se encuentra esparcido a través de las hojas. Este patógeno ataca el trigo, cebada, y pastos relacionados con estas especies (Zillinsky, 1984).

Enfermedades de manchas foliares en el cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.).

Helminthosporium sativum actualmente conocida como *Bipolaris sorokiniana* es un patógeno agresivo que ataca a la cebada, causando manchas foliares la cual causa grave pérdida en muchas regiones productoras de cebada. Es causante de la mancha marrón en la planta adulta una enfermedad muy importante, que en el año de 1998 causo drástica disminución en la producción de granos en el país. La principal fuente de inóculo es la semilla que en algunos casos llega a infecciones superiores a 80%, como asimismo conidios libres en el suelo (Romero, 1993).

La infección con *B. sorokiniana* puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo de la planta, pero los síntomas son más pronunciados después de espigar. En las raíces coronas y vainas de las hojas inferiores de las plántulas infectadas se presentan lesiones necróticas café oscuro (Nikki, 2004). Las lesiones de las vainas foliares se pueden extender a la lamina. Las infecciones que se presentan en las raíces y corona antes de o durante la floración usualmente matan la planta antes de la formación del grano (Agrios, 1995).

Esto sucede frecuentemente en asociación con otros patógenos causantes de pudrición de la raíz o favorables para el desarrollo del patógeno (temperatura moderadamente caliente y alta humedad) se puede infectar las espiguillas causando el arrugamiento del grano, este presenta un punto negro que se desarrolla a causa del ennegrecimiento del embrión (Carmona et al 1999). El desarrollo de esta enfermedad es mucho más rápido a temperatura sobre 20 °C). La estructura de fructificación se desarrolla rápidamente sobre el tejido vegetal infectado húmedo y es la característica más digna de confianza para el diagnóstico de este patógeno (Zillinsky, 1984; Warham, et. al, 1999.).

Etiología de *Bipolaris sorokiniana*.

En los últimos años, la mayoría de las especies fitopatógenas de *Helminthosporium* se han vuelto a clasificar bajo diferentes géneros. Este hongo se le ha venido cambiando de nombre se le conocía como *Helminthosporium sorokinianum* Sacc; después como *Helminthosporium californicum*, Mackie y Pastón; posteriormente Pammel, King y Bakke le nombraron *Helminthosporium sativum*, por último el nombre actual con el que se le conoce que es *Bipolaris sorokiniana* (Sacc) Shoem (Warham, et al 1999.).

La colonia del agente causal de esta enfermedad en la semilla es de brillante color café oscuro a negro; está compuesta principalmente de masas densas de conidióforos y conidias. Los conidióforos son de color café claro a oscuro, cortos, erguidos, en la mayoría de los casos individuales, solitarios o en grupos pequeños, rectos o alternamente doblados; miden hasta 220 micrómetros de largo, 6-10 micrómetros de ancho y producen 1-6 conidios separados por cortas distancias en la mitad superior (Warham, et al 1999).

Los conidios son curvos o rectos de color café oliváceo oscuro, lisos, más ancho en el medio, con extremos redondeados y una nítida cicatriz dentro de la célula basal; la parte final de las células terminales es subhialinas; tienen 3-12 septas y miden 4-120 x 17-28 micrómetros (Barnnet, 1972).

Los pseudotecios son de color café o negros, en forma de frasco, y miden hasta 530 micrómetros de ancho con un protuberante pico de 80-110 micrómetros de largo, las ascas son cilíndricas o en forma de garrote; tienen 1-8 y miden 110-230 x 30-45 micrómetros (Warham, et al 1999).

Las ascosporas son delgadas y filiformes, hialinas o de color café claro; tienen 6-13 septas y miden 160-360 x 6-9 micrómetros. Las conidias se ven negras y brillantes con un aumento bajo, pero, con aumento más alto, son de

color café oliváceo oscuro. Tienen paredes gruesas, por lo general de cinco a nueve células, pueden ser rectos o ligeramente curvos y tienen una característica en forma de barril (Warham et al 1999).

Clasificación taxonómica de *Bipolaris sorokiniana*.

Según Agrios (1997) el hongo *Bipolaris sorokiniana* tiene la siguiente clasificación.

Reino..... Hongos
Filum: Ascomycota
Clase..... Deuteromycetes
Subclase.....Hyphomycetes
Orden..... Moniliales
Familia.....Dematiaceae
Género.....*Bipolaris*
Especie..... *Bipolaris sorokiniana*

Ciclo de vida de *Bipolaris sorokiniana*.

La enfermedad hiberna en los cuellos de las raíces rizomas, de las plantas enfermas o en los desechos del césped destruidos por la enfermedad.

Cuando la temperatura aumenta en la primavera (35 °C), las salpicaduras de agua y el movimiento del aire llevan el hongo a las hojas de las plantas sanas (Singleton, 1992). La enfermedad entra a la hoja a través de los estomas y entre las células continúa con los procesos de reproducción y destrucción de tejidos siempre que las condiciones ambientales mantengan el equilibrio favorable, a medida que la temperatura aumenta la etapa del tizón foliar se agrava (Romero, 1983).

Síntomas del tizón foliar.

El tizón foliar (*B. sorokiniana*) se caracteriza por la presencia de manchas café que producen secamiento foliar y merma la producción (Alcorn, 1988).

La infección con *B. sorokiniana* puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo de la planta, pero los síntomas son más pronunciados después de espigar. En las raíces, coronas y vainas de las hojas inferiores de las plántulas infectadas se presentan lesiones necróticas café oscuro. Las lesiones de las vainas foliares se pueden extender a la lámina. Las infecciones que se presentan en las raíces y corona antes o durante la floración usualmente matan la planta antes de la formación del grano (Zillinsky, 1984).

Esto sucede frecuentemente en asociación con otros patógenos causantes de pudrición de la raíz o favorables para el desarrollo del patógeno (temperatura moderadamente caliente y alta humedad) se puede infectar las espiguillas causando el arrugamiento del grano. Este presenta un punto negro que se desarrolla a causa del ennegrecimiento del embrión (Stewart, et al 2000) El desarrollo de esta enfermedad es mucho más rápida a temperatura sobre 20 °). La estructura de fructificación se desarrolla rápidamente sobre el tejido vegetal infectado húmedo y es la característica más digna de confianza para el diagnóstico de este patógeno (Warham, et al 1999).

Epidemiología del tizón foliar de la cebada.

Los factores ambientales desempeñan un papel importante en la gravedad de la enfermedad causada por *Bipolaris*. La mayoría de las especies de *Bipolaris* se ven favorecidas por las temperaturas moderadas a cálidas de 18 a 32 °C la plantación puede promover la infección y la colonización de suelo inóculo (Agrios, 1997).

Se presentan en muchas regiones debido a su variada gama de hospederos y amplia adaptación a temperaturas. Ambos patógenos interfieren con la etapa de establecimiento, así como la pre y post-emergencia de la raíz, especialmente si se presentan cuando la temperatura del suelo es alta (25-30 °) en el momento de la siembra. Los suelos húmedos tienden a favorecer los daños causados por *B. sorokiniana* (Romero, 1993).

Un patógeno tiene varias formas de ingresar a un cultivo; a través del aire, acompañando a la semilla, ya sea alojándose en huéspedes alternativos, en el suelo y/o en el rastrojo (Romero, 1993).

Aire

La liberación de las esporas del hongo puede realizarse a través de una descarga violenta o pasivamente a través del viento, la lluvia o insectos. A su vez, la dispersión pasiva comprende dos tipos de esporas con biología diferentes; las “esporas-secas” y las “esporas-viscosas”. Mientras que las esporas-secas pueden ser desprendidas y transportadas por el viento, las esporas-viscosas por estar protegidas en una sustancia mucilaginosa necesitan del golpe de la gota de lluvia o de insectos para ser dispersadas. *Bipolaris* es considerada como esporas-secas, y por lo tanto capaces de dispersarse con el viento (Romero, 1993).

Semilla

Mediante la asociación semilla-patógeno, el hongo asegura la continuidad de su ciclo de vida sin correr el riesgo de morir. El hongo, acompaña a su fuente de alimento, esperando el comienzo del proceso de germinación de la semilla para volver a parasitar (Reis, 1983).

Hospederos alternantes

Otra forma que presentan los hongos causales de las manchas foliares de trigo y cebada para sobrevivir es utilizar otros huéspedes como fuente de alimento y supervivencia. La cantidad de huéspedes alternativos que tenga cada patógeno y la incidencia con que se encuentre esa especie en la zona, va a determinar la importancia que tienen en la epidemiología de la enfermedad (Murray, 1998).

Bipolaris sorokiniana es un patógeno cosmopolita, aparece causando manchas foliares tanto de trigo como de cebada, además sobrevive sobre una gama muy amplia de huéspedes secundarios, por lo cual su supervivencia esta casi garantizada. La contribución de estos huéspedes como “multiplicadores” de inóculo y su influencia en el desarrollo de la enfermedad no ha sido aún estudiada (Reis, 1983).

Suelo

De los hongos causales de manchas foliares solamente *B. sorokiniana* es capaz de sobrevivir como conidio durmiente en el suelo. Este hongo también es capaz de causar la pudrición común de la raíz en trigo y cebada. En Brasil, se han medido valores de hasta 12000 propágulos/g de suelo (Reis, 1983). En Canadá, el número mínimo de propágulos/g de suelo calculado para causar la pudrición común de la raíz en trigo es de alrededor de 27/g de suelo. Chinn y colaboradores (1962), reportaron correlaciones altas entre la densidad de esporas de este hongo en el suelo y la enfermedad en plántulas de trigo. Asimismo reportaron correlaciones entre la densidad de esporas del hongo en el suelo y la severidad de la pudrición común de la raíz en cebada.

Control de la enfermedad.

El control de las enfermedades por *Bipolaris* depende del uso de las variedades resistentes, semillas sanas, tratamiento de estas con fungicidas, fertilización y rotación de cultivos adecuados, enterrando con el arado el resto de plantas infectadas y mediante fungicidas. Cuando es necesario aplicar fungicidas, muchos de ellos incluyendo a la cicloheximida, cicloheximidathiram, clorotalonil, dyrene, maneb y muchos otros, deben aplicarse inicialmente a principios de la primavera y continuarse aplicando en intervalos de 1 a 2 semanas hasta donde sea necesario a fin de controlar la enfermedad (Agrios, 1997).

Las semillas deben ser tratadas con fungicidas para no introducir el inóculo en los cultivos. Un tratamiento de semillas con fungicida se considera eficiente cuando se logra la erradicación del o los patógenos objetos de control. La eficiencia depende de la incidencia de la semilla, o sea, cuanto más elevado sea el porcentaje de infección, menor será la eficiencia de control, y contrariamente, cuanto menor sea la incidencia, mayor será la posibilidad de eliminar el inóculo. La eficiencia depende de la potencia del fungicida, de la dosis empleada y de la calidad de cobertura de la superficie de semilla (Jones y Clifford, 1983).

Importancia del uso de semilla sana.

La semilla infectada por patógenos causantes de manchas foliares, canchros, antracosis y pudriciones del tallo y de la espiga introduce el inóculo en los campos. El proceso de transmisión de los patógenos de las semillas a las plántulas ocurre normalmente con una elevada eficiencia (Moreno, 1988).

El principio del control de los parásitos asociado a las semillas tiene dos fundamentos: producción de semillas libres de patógenos o con baja incidencia y el uso de medidas fitosanitarias que eviten la transmisión del patógeno de la semilla a la plántula. Por lo tanto, la finalidad del control de patógenos asociado

a la semilla es evitar la transmisión semilla-plántula y mantener en un cultivo, una intensidad de enfermedad por debajo del umbral de daño económico (Reis, 1983).

Las tácticas fitosanitarias aplicadas para inducir el uso de la semilla por parte de los agricultores se basan siempre en el principio que la semilla infectada transporta los parásitos al área cultivada. Posteriormente, bajo monocultivo los patógenos sobreviven en sus fases saprofiticas multiplicándose en los restos culturales. La consecuencia de este proceso es un aumento del inóculo disponible en los cultivos que, dependiendo del ambiente, puede resultar en epidemias que causan daños y pérdidas en una determinada área cultivada. Bajo siembra directa la sustentabilidad económica y ecológica de una explotación agrícola podrá ser más fácilmente alcanzada a través de la producción de semillas libres de patógenos o con baja incidencia, o con el tratamiento erradicante de semillas con fungicidas, técnicas que deben ser complementadas con la rotación de cultivos que elimina o reduce el inóculo disponible en el lote (Vásquez, 2008).

En general la erradicación de los patógenos ha sido más fácilmente lograda en cereales de invierno y maíz, pero parece más difícil de obtenerla en especies leguminosas. Además del control de patógenos asociados a la semilla, el tratamiento con fungicidas puede proteger a las plántulas contra el ataque de hongos del suelo y de aquellos que ataquen la parte aérea, como por ejemplo los agentes causales del oidio y de la roya de la hoja del trigo. El tratamiento de semillas con fungicidas es una práctica de bajo costo y de gran impacto en el desarrollo de epidemias (Romero, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de trabajo.

El presente trabajo se llevo a cabo en las instalaciones de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el cual consistió en dos etapas: laboratorio e invernadero.

Las instalaciones de la universidad están ubicadas en la comunidad de Buenavista, a 6 kilómetros del sur de la ciudad de Saltillo, en el estado de Coahuila. Tiene como coordenadas geográficas 25° 25' 41" latitud norte y 100° 29' 57" longitud oeste del meridiano de Greenwich, y está situada a una altura de 1742 m.s.n.m. Las condiciones climáticas que imperan en esta región son precipitaciones anuales entre los 300 mm a 460 mm. Temperatura media anual de 20 °C definiéndose así como clima extremoso (Anónimo).

Material genético

En el cuadro 1 se presentan los materiales genéticos utilizado consistiendo de semillas de 26 líneas de cebada forrajera imberbe y la variedad Cerro Prieto desarrollado por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN, a partir de cruas realizadas por el mismo programa de materiales barbados de regular altura con la línea Marco "S"/ frágil "s" procedente del CIMMYT-ICARDA.

Cuadro 1. Materiales genéticos evaluados para detectar la incidencia de Infección en semillas y plántulas de *Bipolaris sorokiniana*.

Número de accesiones	Nombre de las líneas.
1	Narro-94-02
2	Narro-95-02
3	Narro-110-02
4	Narro-147-02
5	Narro-154-02
6	Narro-175-02
7	Narro-178-02
8	Narro-210-02
9	Narro-218-02
10	Narro-221-02
11	Narro-251-02
12	Narro-274-02
13	Narro-305-02
14	Narro-310-02
15	Narro-313-02
16	Narro-334-02
17	Narro-396-02
18	Narro-406-02
19	Narro-428-02
20	Narro-477-02
21	Narro-482-02
22	Narro-507-02
23	Narro-520-02
24	Narro-59-02
25	Narro-116-02
26	Narro-274-02
27	Cerro Prieto

Evaluación de la incidencia de infección en semillas de cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) como fuente de inóculo del tizón foliar.

El laboratorio utilizado fué el de Ensayo de Semillas que se localiza en el Departamento de Fitomejoramiento. Se seleccionaron 200 semillas de cebada forrajera de cada línea formando 4 a 5 repeticiones. Las semillas se sometieron a un pretratamiento que consistió en remojar durante 3 minutos en matraces de 500 ml con una solución al 10% de hipoclorito de sodio comercial; una vez pasado el lapso de tiempo se vaciaron las semillas en un colador para separarla del cloro y posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril y fueron depositadas en sanitas estériles para dejar que se secan y llevar a cabo la siembra.

Para llevar a cabo dicha evaluación se utilizó la prueba de papel secante y congelamiento la cual se realizó asépticamente en una cámara de flujo laminar. Se colocaron 2 capas de papel secante humedecidas dentro de cajas de plástico transparente donde se colocaron 50 semillas de cebada por caja separadas regularmente; las cajas se sellaron con Kleen Pack, cada caja se identificó con su respectiva repetición, fecha de siembra y material. Se utilizó el mismo procedimiento para todas las repeticiones de los materiales.

Las cajas fueron dejadas en una incubadora a una temperatura de 20 °C durante 48 horas, (12 horas con luz UV y 12 horas de oscuridad cada día). Completado este tiempo se cambiaron las cajas al congelador a una temperatura de -15 °C a -20 °C durante 24 horas, completado este tiempo se cambiaron las cajas a una incubadora donde permanecieron 11 días a una temperatura de 20 °C (12 horas con luz blanca fría o cercana a la luz UV y 12 horas de oscuridad cada día.) (Warham, et al 1999) para garantizar el desarrollo de los hongos.

La semilla de cada repetición por tratamiento, fueron analizadas individualmente en un estereomicroscopio en el que se detectaron colonias putativas de *B. sorokiniana*, considerando la morfología colonial descrita por Warham, et al, 1999. Una vez localizada cada colonia se realizaron observaciones microscópicas de los hongos desarrollados en dichas semillas con ayuda del microscopio compuesto. La identificación de la morfología del hongo fue basada en las descripciones de Alexopoulos, (1996)., Barnett., (1972)., Romero, (1993) Y Warham, (1999) en las que se consideraron, forma, color y tamaño de las conidias y conidióforos del hongo. Posteriormente se contó el número de hongos presente en cada repetición y el total de hongos obtenidos se dividió entre el número d de repetición y de esta manera se obtuvo la media.

Las colonias producidas por *B. sorokiniana*, fueron contadas y registradas por repetición. Posteriormente se calcularon promedios y porcentajes para cada línea.

Evaluación de la transmisión de *Bipolaris sorokiniana* en plántulas de cebada forrajera.

El invernadero donde se realizó el bioensayos para evaluar la transmisión fué el número 5 el cual se encuentra al lado de la bodega de cereales, tiene las siguientes características; es de tipo semicircular con 9.15 m de frente por 30.5 de largo y 4.5 m de alto cubierta de acrílico TR12 color blanco, durante el experimento contó una intensidad de luz de 85% y temperatura de 35 °C.

La siembra se llevó a cabo el día 3 de septiembre del 2008 para la cual se utilizó una cama de 5 m de largo x 1 de ancho, donde se sembraron 4 repeticiones de 25 semillas de las 26 líneas evaluadas y de la variedad Cerro Prieto utilizándola como testigo convencional; en hileras con una

distancia entre plantas de 2 cm y 10 cm entre surco, el riego se le aplico cada dos días por el método de inundación.

La evaluación se hizo de 2 a 4 días para estar pendiente de la aparición de los síntomas. Se contaron plantas de cebada por tratamiento y se determinó el número de ellas que presentaban síntomas de la enfermedad en la etapa de postemergencia.

Se realizaron muestreos para diagnosticar los síntomas foliares de tizones tomando hojas infectadas que tenían el síntoma putativo de la enfermedad (lesiones necróticas café oscuro ovaladas en las hojas) de cada una de las líneas de cebada forrajeras y la variedad Cerro Prieto, posteriormente cada una de las muestras fueron depositadas en bolsas de polietileno debidamente etiquetada, las cuales fueron llevadas al laboratorio y colocadas en el refrigerador para su conservación; las muestras se tomaron a los 27 días después de haber sembrado.

El aislamiento de los patógenos presente en las muestras colectadas se llevó a cabo utilizando partes del tejido vegetal. Las partes de las hojas infectadas; se seccionaron en porciones de 1 cm, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 3 minutos con la finalidad de eliminar posibles organismos contaminantes adheridos en la superficie de las hojas infectadas; posteriormente se enjuagaron en agua destilada estéril por 2 ocasiones para eliminar residuos del desinfectante.

Las porciones del tejido se colocaron en papel estéril (sanitas) para eliminar exceso de agua y se sembraron en cajas petri con medio de cultivo de papa dextrosa agar (PDA) preparado con anticipación y se incubaron a una temperatura de 25 °C. Toda esta operación se realizó bajo condiciones de asepsia en una cámara de flujo laminar (Agrios, 1997).

La identificación del hongo se realizó considerando las observaciones del color de la colonia, tamaño, color y la forma de los conidios y conidioforos, para después compararlas con las claves reportadas por Barnett, (1972) y Warham, (1999). Dichos aislamientos se realizaron para corroborar que los síntomas observados en las hojas de cada una de las líneas de cebada realmente eran causados por *Bipolaris sorokiniana*. Se contaron y registraron los aislamientos en cada repetición por línea.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se analizaron los datos obtenidos de la prueba de papel secante y congelamiento y de las plantas que presentaban síntomas en el invernadero, por medio de un diseño completamente al azar. Se realizaron análisis de varianza para saber la diferencia significativa entre los tratamientos de las variables consideradas: infección de semillas y transmisión a plántulas; utilizando cada línea como tratamiento con 4 repeticiones tanto en condiciones de laboratorio como en invernadero. Se hicieron pruebas de medias para saber la diferencia significativa entre los resultados obtenidos tanto en laboratorio como en invernadero, esto se analizó utilizando el paquete computacional denominado Statistica Analysis System (SAS, 1988); expresado con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + ij$$

Donde:

Y = Observación del i –ésimo tratamiento en la j- ésima repetición.

μ = Media general.

t_i = Efecto de los tratamientos.

ij = error experimental.

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

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

Comparación de medias

Para la comparación de medias en las variables registradas en el experimento, se utilizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), al 0.05 de probabilidad, mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = (t_{\alpha} \text{ gle}) \sqrt{\frac{2 \text{ CMEE}}{r}}$$

t_{α} = Valor de tablas a nivel de probabilidad

gle = Grados de libertad del error

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

r = repeticiones

Coefficiente de variación

Así mismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas en la conducción del experimento, con la siguiente fórmula:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{X} = Media general.

Estimación de la relación entre la incidencia de infección en semillas de *Bipolaris sorokiniana* y la infección en plántulas causada por dicho hongo.

Se procedió a establecer la correlación entre los resultados obtenidos en laboratorio e invernadero para conocer su grado de asociación con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación

$\sum XY$ = Suma de productos de las desviaciones de las variables x e y.

$\sum x^2$ = Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable x.

$\sum Y^2$ = Suma de los cuadros de las desviaciones de la variable y.

RESULTADOS Y DISCUSION

El hongo *Bipolaris sorokiniana* fué detectado tanto en semilla como en plántula de cebada forrajera. En la prueba de papel secante y congelamiento realizado en laboratorio, se pudo observar la morfología colonial correspondiente a dicho hongo, consistiendo de colonias de color café oscuro brillante a negro, compuesta principalmente de masas densas de conidióforos y conidias. Los conidióforo observados fueron de color café claro a oscuro, cortos, erguidos, en la mayoría de los casos individuales, solitarios o en grupos pequeños, rectos o alternamente doblados; produciendo de 1-6 conidios separados por cortas distancias (Fig. 1 B), estos resultados concuerdan con los reportados por Warham, (1999) y Barnett (1972).

La morfología de los conidios observados incluyó curvos o rectos de color café oliváceo oscuro, lisos, más ancho en el medio, con extremos redondeados y una nítida cicatriz dentro de la célula basal; la parte final de las células terminales fue subhialina y tenían en su mayoría de 6-10 septas (Fig. 1 A), como lo reportado por Warham, (1999) y Barnett, (1972). Dicho hongo ha sido reportado en constante asociación con semilla de cereales de grano pequeño (Agrios, 1997 y Moreno, 1988), aunque existe poca información de su potencial epidemiológico en semilla de cebada forrajera (*comunicación personal Vásquez, S. L. M.*).

Resultados de la evaluación de la incidencia de infección en semillas de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) como fuente de inóculo del tizón foliar.

Los resultados obtenidos en la prueba de papel secante y congelamiento

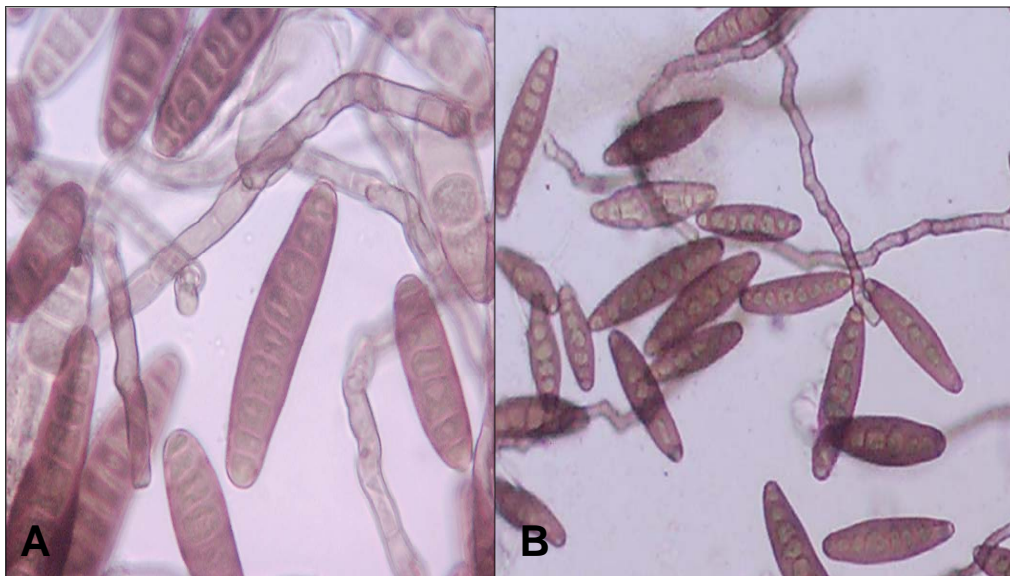


Figura 1. Morfología del hongo *Bipolaris sorokiniana*. (A) Conidios y (B) conidióforos de cepas aisladas de semillas y lesiones foliares de cebada forrajera.

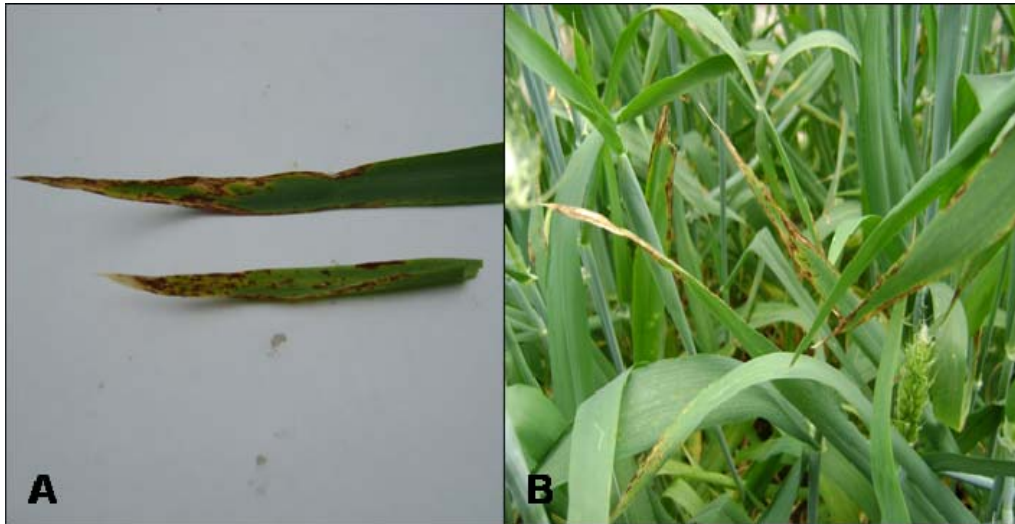


Figura 2. Lesiones foliares causadas por *Bipolaris sorokiniana*. (A) Lesiones típicas del tizón foliar (B); síntomas observadas en diversas líneas de cebada forrajera.

nos revelaron que en general todas las líneas presentaron semillas infectadas por el hongo *Bipolaris sorokiniana*, sin embargo la línea 11 (Narro-251-02) presentó la máxima incidencia con una media de 24.71 semillas infectadas entre todos los materiales evaluados, lo cual correspondió a una incidencia de infección del 48% semillas infectadas.

La línea 10 (Narro-221-02) presentó un promedio de 20 semillas infectadas correspondiente al 40% de la muestra manejada mientras que los materiales menos infectados fueron 12 (Narro-274-02), 14 (Narro-310-02), 16 (Narro-334-02), 17 (Narro-396-02), 21 (Narro-482-02), 22 (Narro-507-02) y 24 (Narro-59-02). La variedad Cerro Prieto usada como testigo presentó una media de 2 semillas infectadas correspondiente al 5 % por lo que se considera una de los materiales con menos infección en semillas (figura 3).

Las diferencias en incidencia de infección en semilla observadas en los diferentes materiales genéticos evaluados en el bioensayo potencialmente se deben, por un lado, a que posiblemente se expresó cierto nivel de resistencia

genética a la enfermedad, ya que el origen de los materiales corresponde al mismo ambiente y ciclo agrícola en que las plantas que produjeron dicha semilla fueron desarrolladas, difiriendo principalmente en las características genéticas de sus progenitores. Las lesiones en el follaje en diversas etapas fenológicas en el desarrollo del cultivo de algunas líneas, posiblemente incrementaron el inóculo producido en lesiones generadas durante los diferentes ciclos de infección durante la misma temporada, considerando que *B. sorokiniana* puede generar el tipo de enfermedad policíclica, (Agrios, 1997 y Zillinsky, 1984). Dicho inóculo tuvo diferente potencial de infección en la semilla de cebada, lo cual dependió del estado de desarrollo de la semilla y de la resistencia y susceptibilidad de la planta al ataque del hongo.

En función de la alta significación estadísticamente encontrada en el análisis de varianza entre los tratamientos ($P < 0.0001$) y obteniendo una media general

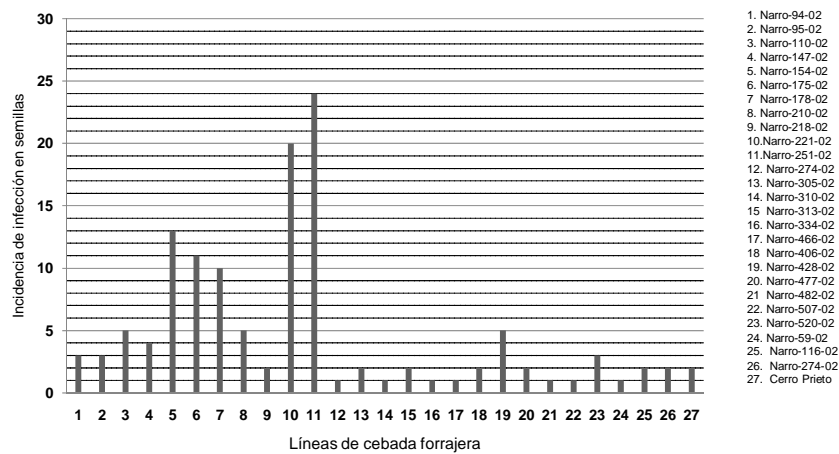


Figura 3. Incidencia de infección en semillas de *B. sorokiniana* en los diferentes materiales de semillas de cebada forrajera.

de 4.87 y un coeficiente de variación de 65.70% (Cuadro 2), se procedió a realizar una prueba de medias utilizando para ellos la Diferencia Mínima Significativa (DMS) cuyos resultados se presentan en el cuadro 3 en el que se observa 4 diferentes grupos estadísticos en los que destacan los grupos A y B con niveles altos de infección mostrando la media más alta la línea 11

(Narro-251-02) en comparación con la línea 14 (Narro 310-02) la cual obtuvo la media más baja.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable infección de semillas

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
TRAT.	26	3825.018	147.116	14.35	<.0001**
ERROR	99	1014.950	10.2520		
TOTAL	125	4839.968			

NS= No significativo

**= Altamente significativo.

En el grupo A, las líneas Narro-251-02 y Narro-221-02 fueron estadísticamente iguales pero diferente de los grupos B, C y D. En el caso del grupo B que incluyó a las líneas Narro-154-02, Narro-175-02 y Narro-178-02, resultaron con menor cantidad de infección que el grupo A, sin embargo resultaron estadísticamente iguales entre si pero diferente al resto de los grupos.

Las líneas agrupadas como C y D en general produjeron bajos niveles de incidencia de infección en semilla y 14 de 22 líneas de ambos grupos fueron iguales estadísticamente.

Cuadro 3. Comparación de medias de la incidencia de infección de *Bipolaris sorokiniana* en semillas de cebada forrajera.

Accesión	Línea	Medias de semillas infectadas	Significancia ¹
----------	-------	-------------------------------	----------------------------

11	Narro-251-02	24.74	A
10	Narro-221-02	20.50	A
5	Narro-154-02	13.75	B
6	Narro-175-02	11.00	B
7	Narro-178-02	10.40	B
19	Narro-428-02	5.80	C
8	Narro-210-02	5.00	CD
4	Narro-147-02	4.20	CD
23	Narro-520-02	4.20	CD
1	Narro-94-02	3.25	CD
2	Narro-95-02	3.00	CD
20	Narro-477-02	2.80	CD
9	Narro-218-02	2.80	CD
25	Narro-116-02	2.60	CD
3	Narro-110-02	5.00	CD
15	Narro-313-02	2.50	CD
18	Narro-406-02	2.40	CD
13	Narro-305-02	2.40	CD
27	Cerro Prieto	2.40	CD
26	Narro-274-02	2.00	CD
21	Narro-482-02	1.75	D
16	Narro-334-02	1.60	D
12	Narro-274-02	1.60	D
22	Narro-507-02	1.60	D
17	Narro-466-02	1.60	D
24	Narro-59-02	1.40	D
14	Narro-310-02	1.25	D

Resultados de la evaluación de transmisión de *Bipolaris sorokiniana* en plántulas de cebada.

En cuánto los resultados del muestreo en el invernadero sobre la transmisión del hongo *Bipolaris sorokiniana* de la semilla a plántulas; se constató que los síntomas que presentaban las hojas con lesiones necróticas caracterizadas como tizón foliar fueron causadas por dicho hongo (Fig. 2 A y B) ya que al realizar el aislamiento correspondiente se observaron propagulos con las características reportadas por Agrios (1997) y Warham et al, (1999), mismas que fueron observadas en las semillas analizadas mediante la prueba de papel secante y congelamiento en el laboratorio (Fig. 1 A y B).

La línea que más síntomas y transmisión presentó fué la línea 19 (Narro-428-02) que generó hasta el 20% de transmisión del hongo misma que mostró síntomas a partir del séptimo día después de la siembra, al igual que la línea 20 (Narro-477-02), 25 (Narro-116-02) y la 27 que fue el testigo convencional Cerro Prieto (Fig. 4), en las que se generaron infecciones en plántulas que alcanzaron el 32, 40 y 44% respectivamente

Dichos resultados se debieron a que posiblemente genéticamente la línea 19 es potencialmente muy susceptible a la enfermedad, a demás de que el hongo tuvo las condiciones propicias para desarrollarse en el invernadero, así como también se encontraba localizada cerca de plantas de maíz, el cual pudo ser infectado por *B. sorokiniana* y ser también fuente de inóculo de este hongo. Adicionalmente en el invernadero existen ventiladores que pudieron hacer llegar las esporas en las líneas estudiadas incrementando el inóculo previamente depositado en la línea 19

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de las plantas con síntomas del tizón foliar y los análisis estadísticos indican que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.001$), con una media general de 2.92 y con un coeficiente de variación de 72.94%.

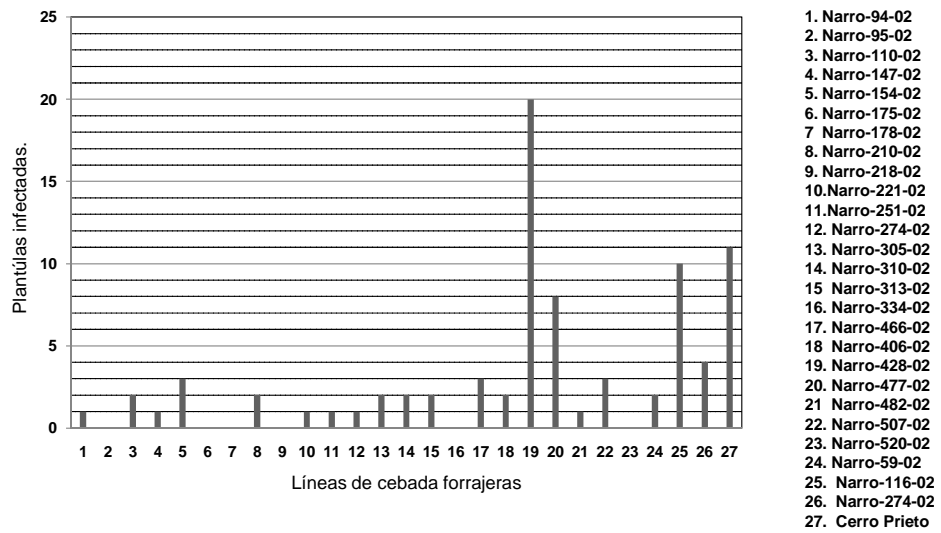


Figura 4. Transmisión de *Bipolaris sorokiniana* en plántulas de cebada bajo condiciones de invernadero.

En el cuadro 5 se observó la infección más alta en plántulas perteneciente a las líneas 19 (Narro-428-02), resultando estadísticamente

diferente de los 4 grupos de medias similares analizados. Cabe señalar que los grupos B, C y D presentaron incidencia mínima comparadas con el grupo A, en los que está incluida la variedad Cerro Prieto con 5.75 plántulas infectadas en comparación con las líneas 9 (Narro-216-02), 6 (Narro-175-02), 16 (Narro-334-02), 7 (Narro-178-02), 2 (Narro-95-02) y 23 (Narro-520-02) que fueron posiblemente las más resistentes ya que reportaron niveles de transmisión del hongo muy bajos cuyos promedios fluctuaron entre 0 y 0.50 plantas dañadas.

Cuadro 4. Análisis de varianza para invernadero para la variable plántulas infectadas.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
TRAT.	26	1665.129	64.043	14.80	<.0001**
ERROR	81	350.500	4.327		
TOTAL	107	2015.629			

NS= No significativo

**= Altamente significativo.

Estimación de la relación entre la incidencia de infección en semillas de *Bipolaris sorokiniana* y la infección en plántulas causada por dicho hongo.

Para realizar dicha estimación se efectuó una correlación con los datos obtenidos entre laboratorio e invernadero donde se obtuvo un coeficiente de variación de -.06 ($r = -0.06$), no significativo; por lo que se estableció que no hubo correlación entre la infección de la semilla y la transmisión del hongo a plántulas debido a que ambos resultados fueron diferentes.

Los resultados obtenidos en la investigación en la prueba de papel secante y congelamiento al que se sometieron las semillas de las líneas evaluadas en

Cuadro 5. Comparación de medias de la incidencia de transmisión de *Bipolaris sorokiniana* en plántulas de cebada forrajera bajo condiciones de invernadero.

Accesión	Líneas	Medias	Significancia¹
19	Narro-428-02	20.50	A
20	Narro-477-02	8.00	B
27	Cerro Prieto	5.75	BC
25	Narro-116-02	5.00	BCD
22	Narro-507-02	3.75	BCD
5	Narro-154-02	3.75	BCD
17	Narro-466-02	3.25	BCD
18	Narro-406-02	2.50	BCD
8	Narro-210-02	2.50	BCD
24	Narro-59-02	2.50	BCD
15	Narro-313-02	2.50	BCD
3	Narro-110-02	2.50	BCD
26	Narro-274-02	2.00	CD
14	Narro-310-02	2.00	CD
13	Narro-305-02	2.00	CD
4	Narro-147-02	1.50	CD
1	Narro-94-02	1.50	CD
10	Narro-221-02	1.50	CD
11	Narro-251-02	1.50	CD
21	Narro-482-02	1.25	CD
12	Narro-274-02	1.0	CD
9	Narro-218-02	0.50	CD
6	Narro-175-02	0.00	D
16	Narro-234-02	0.00	D
7	Narro-178-02	0.00	D
2	Narro-95-02	0.00	D
23	Narro-520-02	0.00	D

los cuales presentaron una alta susceptibilidad al tizón tardío (*Bipolaris sorokiniana*) con medias de 20, 10 y 11 respectivamente caso contrario a los resultados obtenidos en el laboratorio que fueron 5, 2 y 2 semillas infectadas para cada una de las líneas antes mencionadas (Fig. 5).

El fenómeno que se presenta en la figura 5 entre los resultados obtenidos en el laboratorio y en invernadero probablemente se debió a la perpetuación o sobrevivencia de algunos hongos en la semilla la cual ha sido demostrada en diferentes investigaciones. Luke y Barnett (1979), trabajando con lotes desemilla de cebada encontraron que *Bipolaris* persistió en éstas durante casi 14 meses y que el aumento gradual y progresivo del porcentaje de hongos de almacenamiento en dicha semilla fue inversamente proporcional al descenso gradual de hongos de campo, otro caso lo tenemos en *Corynespora cassiicola* es capaz de perpetuarse en semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) almacenadas a 5°C por un período superior a diez meses (Moreno, 1988).

Moreno y Zamora (1978) realizando diferentes pruebas de sanidad d semilla concluyeron que es indudable que la ubicación del patógeno en la semilla es importante, ya que a medida que esté más interno, mayor capacidad tiene de sobrevivir debido a la protección que le brindan los tejidos externos de los factores adversos. Lo cual pudo suceder en las semillas ya que no se sabía que tan interno se encontraba el hongo en las semillas de las líneas evaluadas.

Maude (1996) considera que según la morfología intrínseca de los hongos, estos tienen diferentes capacidades de sobrevivir en la fase de de modo que los hongos fuertemente pigmentados con conidios de pared gruesa como los que se ubican en la subclase Hyphomycetes y la familia Dematiaceae donde se incluye *Bipolaris* spp., tienen una persistencia en la semilla, en un rango

de uno a diez años. Aunque estas diferencias morfológicas pueden influenciar la persistencia de los hongos en la semilla, ello también está subordinado a la ubicación del organismo en la semilla (Maude, 1996).

Cuadro 6. Incidencia de infección de *Bipolaris sorokiniana* en semillas y plántulas de cebada forrajera.

Número de accesión	Línea	Semillas infectadas		Plántulas infectadas.	
		media	%	media	%
1	Narro-94-02	3	6	1	4
2	Narro-95-02	3	6	0	0
3	Narro-110-02	5	12	2	8
4	Narro-147-02	4	10	1	4
5	Narro-154-02	13	26	3	12
6	Narro-175-02.	11	22	0	0
7	Narro-178-02	10	25	0	0
8	Narro-210-02	5	12	2	8
9	Narro-218-02	2	5	0	0
10	Narro-221-02	20	40	1	4
11	Narro-251-02	24	48	1	4
12	Narro-274-02	1	2	1	4
13	Narro-305-02	2	5	2	8
14	Narro-310-02	1	2	2	8
15	Narro-313-02	2	4	2	8
16	Narro-334-02	1	2	0	0
17	Narro-466-02	1	2	3	12
18	Narro-428-02	2	5	2	8
19	Narro-477-02	5	12	20	80
20	Narro-482-02	2	5	8	32
21	Narro-507-02	1	2	1	4
22	Narro-520-02	1	2	3	12
23	Narro-59-02	4	10	0	0
24	Narro-116-02	1	2	2	8
25	Narro-274-02	2	5	10	40
26	Narro-522-02	2	5	4	16
27	Cerro Prieto	2	5	11	44

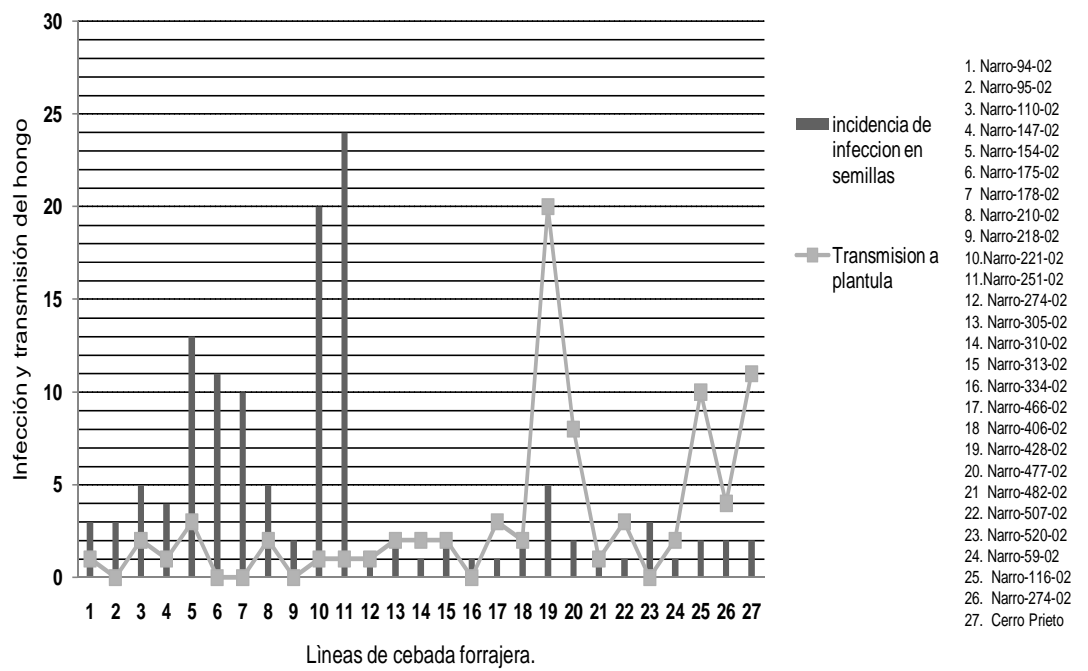


Figura 5. Incidencia de infección de semillas y transmisión a plántulas de invernadero.

CONCLUSIONES

1. Se demostró que en la región de Navidad, Nuevo León existe un problema fitopatológico del hongo *Bipolaris sorokiniana* asociado a la semilla de cebada forrajera que puede transmitirse a plántulas en proporciones hasta del 48% por lo que se considera que la semilla es una importante fuente de inóculo que puede repercutir negativamente en la producción de cebada forrajera en esa región.
2. Las líneas de cebada forrajera que presentaron menos infección en semillas con *Bipolaris sorokiniana* fueron la 17 (Narro-466-02), 24 (Narro-59-02) y la 14 (Narro-310-02) con medias de 1.60, 1.40 y 1.25 semillas infectadas respectivamente.
3. Las líneas de cebada forrajera imberbe que mostraron poca transmisión fueron 7, 12, y 9 las cuales corresponden Narro-178-02, Narro-274-02 y Narro-218-02 respectivamente mostrando una muy baja incidencia del hongo *B. sorokiniana*. y las líneas 9 (Narro-216-02), 6 (Narro-175-02), 16 (Narro-334-02), 7 (Narro-178-02), 2 (Narro-95-02) y 23 (Narro-520-02) que fueron posiblemente las más resistentes ya que reportaron niveles de transmisión del hongo muy bajos cuyos promedios fluctuaron entre 0 y 0.50 plantas dañadas.
3. Esta investigación reveló que las semillas infectadas por *B. sorokiniana* capaces de transmitir la enfermedad a las plántulas y por lo tanto la semilla constituyen una fuente de inóculo primario que puede generar epífitias, por lo que se sugiere realizar investigaciones

adicionales en las que se estudie la incidencia de la enfermedad en campo en todas las etapas fenológicas del cultivo, para estudiar la transmisión del hongo de la planta madre a la semilla.

4. Las líneas estudiadas en esta investigación revelaron que potencialmente la constitución genética de la línea estudiada y la incidencia en campo de *B. sorokiniana* en las etapas fenológica de la formación y llenado de grano y semilla pueden influir en la importancia epidemiológica que la semilla de cebada forrajera pueda tener como fuente de inóculo para diseminar la enfermedad del tizon foliar.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1997 Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa. 376-377.p
- Alcorn, J.L. 1988. La taxonomía de especies de *Helminthosporium*. Annu. *Phytopathol Rev.*, Palo Alto. 26, 37-56.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. and Blackwell, M. 1996. Introductory mycology. John Wiley and Sons, Inc, New York. U.S.A
- Anónimo, Anuario. 2000. CONAGUA. Comisión Nacional del Agua, Saltillo, Coahuila, México.
- Barnett, H.L., Hunter, B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Third edition. Burgess Publishing Company. 121 pp.
- Carmona, M.; Reis, E.M. y Córtese, P. 1999. Manchas foliares del trigo .Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo. Gráfica Condal S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 32 p
- Colín, R.M., Lozano, A.J., Martínez, G., Zamora, V.M., Santana J.T. y Méndez, M.V. 2004. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento de forraje. Resultados de investigación 2003. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Colín, R.M., Zamora, V.M., Lozano, A.J., Sambrano G.M y Torres, M.A. (2007) Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. Resultado de investigación en el 2005. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila México.

- Chinn, S.H.F.; Sallans, B.J. and Ledingham, R.J. 1962. Spore population of *Helminthosporium sativum* in soils in relation to the occurrence of common root rot of wheat. *Can. J. Plant Sci.* 42: 720-727. pp
- Guerrero, A. 1987. Cultivos herbáceos extensivos. Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 751pp
- Hernández, U. A. 1987. Prueba de adaptación y rendimiento de 56 líneas y variedades comerciales de cebada maltera en la región de Navidad NL. Ciclo 1985 – 1986. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Jones, D.G. y Clifford, B.C., 1983. Enfermedades de cereales, su patología y control. John Wiley & Sons Ltd, New York. E.U.A.
- Lizárraga, C.G., Aguayo, Garza, R. y Peñuñuri, F. J. 1980. Comparación en la producción de forraje de ballico italiano (*Lolium multiflorum Lam*) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) solos y asociados, *Tec. Pec. Mex.* 34:17-24.
- Luke, H., Barnett, R. 1979. The influence of harvest conditions on the germinability and mycoflora of rye seed. *Seed Science and Technology* 7:431-437.
- Mathre, D.E. 1987 Compendio de enfermedades cebada. Sociedad Americana de Fitopatología, St. Paul, MN. E.U.A.
- Moreno, E., Zamora, J. 1978. Guía para evitar problemas causados por hongos en semillas y granos almacenados. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 9,13, 20. p.
- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Primera edición. UNAM.
- Maude, R. 1996. Seedborne diseases and their control. Principles & practices .CAB International, 280 pp.
- Murray, T.D., Parry, D.W., y Cattlin, N.D. 1998. Manual de las enfermedades de los cultivos de grano pequeño. Iowa State University Press, Ames, Iowa. E.U.A.
- Nikki, D. C. 2004. *Bipolaris sorokiniana* (Teleomorfo *Cochiobolus sativum*) North Carolina State University.

www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Cochliobolus/Bipolaris_Sorokinian htm.

- Olmos, B.G. 1995. El cultivo de la cebada maltera de temporal impulsora agrícola. Editorial Trillas. 6 pp.
- Orcarberro, R., y Briseño. H., V. M. 1983. Valor nutritivo y rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) en distintos estados de desarrollo. Revista Chapingo. 42- 85. p.
- Parsons, D. 1990. Trigo, cebada, avena. Editorial trillas. 46 pp.
- Poehlman, J.M. 1976. Mejoramiento Genético de la Cosecha la Ed. Limusa México.
- Poehlman, J.M. 1981. Mejoramiento Genético de las Cosechas. 1º Ed. Limusa. México.
- Reis, E. M. 1983. Selective medium for isolating *Cochliobolus sativus* from soil. Plant Disease 67: 68-70. p.
- Robles S.R., 1990. Producción de granos y forrajes. 4ª Ed. Limusa. México pp. 247.
- Rojas, G. E. 1977. Variedades mexicanas de las cebadas. INIA. Folletos de divulgación. No. 49.
- Romero C. S. 1993. Hongos fitopatógenos. 1er reimpresión UACH.
- Salazar, L. H. R. 1989. Evaluación de rendimiento y sus componentes en Cebadas de dos hileras (*Hordeum distichum*) y seis hileras (*Hordeum vulgare*) en Navidad, N.L. Ciclo 1987 – 1988. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Singleton, L.L., Mihail, J.D., y Rush, C.M., 1992. Métodos de investigación en hongos fitopatógenos del suelo. Sociedad America de Fitopatología, S.t. Paul, M.N. E.U.A.

Stewart, S., Pereyra S., Dias, A. 2000 Manchas foliares de trigo y cebada siembra directa: concepto y estrategia de control. Brasil. www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-32.pdf

Vásquez, S. L. M., 2008. Impacto del tráfico internacional de semillas en la sustentabilidad de los agroecosistemas. *En* Tecnologías Sustentables en semillas. Eds. Ruiz, T. N. A. y Lira, S. R. H. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semilla. UAAAN. México.

Vega, O. H. E. 1994 Control de malezas de hoja ancha en cebada con el herbicida triasulfuron y la mezcla formulada con bromoxinil en Navidad N. L. Tesis licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 30 pp.

Warham, E.J. Butler, L.D. Y Sutton, B.C. 1999. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo. Manual de laboratorio. CAM International Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT) México 1999.16, 70 p.

Zillinsky, F. J. 1984 Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. Ed. CIMMYT (México). 5 pp.

