

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**Problemática del Carbón Parcial del Trigo**

**(*Tilletia indica* Mitra) en México.**

**Por:**

**RUFINO CASTRO PEREZ**

**M O N O G R A F I A**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo del 2000**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**PROBLEMÁTICA DEL CARBON PARCIAL DEL TRIGO (*Tilletia indica*,  
Mitra) EN MEXICO.**

**POR**

**RUFINO CASTRO PEREZ**

**MONOGRAFIA**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO**

**APROBADA**

**EL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**M.C. Ma. ELIZABETH GALINDO CEPEDA**

**SINODAL**

**SINODAL**

---

**DR. ALFONSO PAMANES GUERRERO  
VILLA**

---

**M.C. VICTOR M. ZAMORA**

**COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA**

---

**M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO**

**BUENAVISTA, SALTILO, COAHUILA, MÉXICO.  
MARZO DEL 2000  
DEDICATORIA**

**Con cariño:**

**A Dios, por darme la dicha de vivir en este mundo y así poder cumplir uno de mis anhelos que desde niño soñé.**

**A mi padre Sr. Vicente Castro Payan (q p d), por darme la vida y apoyarme tantas veces incondicionalmente.**

**A mi madre Sra. Rita Pérez Vda. de Castro, por su comprensión, sacrificio y cariño.**

**A mis hermanos.**

**A mis sobrinos.**

**A la Sra. Tomasa Briones, por el apoyo moral que siempre me brindo, durante mi estancia en Saltillo Coah.**

**A mi "Alma Mater".**

i  
**AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad brindada para realizar mis estudios.**

**Al M. C. Elizabeth Galindo Cepeda por su apoyo, dedicación y gran disposición en la conducción de este trabajo y revisión del escrito.**

**Al Dr. Alfonso Pamanes Guerrero y al M. C. Víctor M. Zamora Villa por sus atenciones, aportaciones y correcciones brindadas para la realización de este trabajo, así como por su disposición en formar parte del comité de asesoría.**

**Al Ing. Abundio Barreras Soto, Investigador del programa de Trigo en el Campo Experimental Valle del Fuerte, por su buena disposición y facilidades otorgadas para llevar a cabo este trabajo.**

## INDICE GENERAL

	Pag.
<b>DEDICATORIA</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>II</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>REVISION DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
<b>IMPORTANCIA DEL TRIGO</b>	<b>5</b>
Origen	5
Valor Nutritivo del Trigo	6

<b>TAXONOMIA DEL CULTIVO</b>	<b>7</b>
Ubicación Taxonómica	8
Superficie Cultivada a Nivel Mundial	8
Importancia del Trigo a Nivel Nacional	11
Superficie Cultivada en México	12
Producción de Trigo en México	13
<b>IMPORTANCIA ECONOMICA DE LA ENFERMEDAD</b>	<b>14</b>
Ubicación Mundial de la Enfermedad	14
iii	
<b>Presencia en México de la Enfermedad</b>	<b>15</b>
Problemas Económicos que Ocasiona esta Enfermedad	15
Efectos del uso de Grano infectado sobre la Calidad de Molienda y Panificación	20
Efecto del Carbón Parcial del Trigo en la Alimentación Animal	21
Características del Patógeno	23
Descripción Morfológica	24
Epidemiología	25
Síntomas	27
Diseminación de la Enfermedad	28
Ciclo de Vida del Patógeno	29
Método para Determinar el Nivel de Infección	31

Método para Detección del Patógeno	32
<b>METODOS DE CONTROL</b>	<b>33</b>
Predicción de la Enfermedad	33
Control por Medio de Termoterapia e Hipoclorito de Sodio (NaOCL)	34
<b>CONTROL BIOLÓGICO</b>	<b>35</b>
Mejoramiento Genético para la Resistencia al Carbón Parcial de Trigo	35
<b>CONTROL CULTURAL</b>	<b>42</b>
Uso de Semilla Certificada	42
iv	
<b>Rotación de Cultivos</b>	<b>42</b>
Uso de Polietileno	42
Manejo de Fechas de Siembra	43
Manejo del Nitrógeno	43
Relación entre el Acame y el Carbón Parcial	45
Densidad de Siembra	46
Método de Siembra	46
<b>CONTROL QUÍMICO</b>	<b>47</b>
Tratamiento a la Semilla	47
Control Químico en el Campo.	49
<b>CONTROL LEGAL</b>	<b>51</b>

**LITERATURA CITADA****54**

v

**INDICE DE CUADROS Y FIGURAS**

<b>CUADRO No</b>		<b>PAG</b>
1	Superficie, Producción y Rendimiento Unitario en los 23 Países con la Mayor Producción de Trigo. Promedios de 1993 a 1995.	10
2	Superficie, Producción y Rendimiento Unitario en los Cinco Estados con la Mayor Producción de	14

	Trigo en México de 1993 a 1995.	
3	Resumen de la evaluación de Fungicidas en el Tratamiento a la Semilla de Trigo para el Control de la <i>Teliospora</i> de <i>Tilletia indica</i> .	48
4	Evaluación de Propiconazole en la Etapa de Espigamiento del Cultivo del Trigo para el Control del Carbón Parcial del Trigo.	50
<b>FIGURA No.</b> 1	Ciclo de Vida de <i>Tilletia indica</i> .	30

## INTRODUCCION

El trigo no es un cereal más. en muchas regiones constituye desde hace milenios el alimento básico e insustituible de su población su consumo lejos de circunscribirse a áreas tradicionales tiende a difundirse a otras regiones en las ultimas décadas incluso a algunos países orientales de hábitos alimentarios muy disimiles, particularmente el Japón.

El trigo principalmente el tipo *harinero* (*Triticum aestivum* L.), se cultiva a través de un amplio rango de ambientes y es el cereal al que se le dedica mayor superficie en el mundo. El trigo es el alimento numero uno consumido en forma directa por la humanidad, y su producción es mayor que la de cultivos como el arroz, maíz y papa.

Este cereal es el mas demandado, principalmente en los países desarrollados, donde gran parte de la alimentación se basa en él. Aunque en los países en desarrollo también se cultiva y se consume, estas estadísticas son superadas por las de otros cereales y granos como el maíz, arroz y sorgo, productos en los que se basan sus dietas.

Dentro del complejo de enfermedades que atacan al trigo, el carbón parcial, causado por el hongo *Tilletia indica* (Mitra) (sinónimo *Neovossia indica* (Mitra) Mundkur), ocupa un lugar muy importante en la reducción de la calidad del grano, las pérdidas anuales en el noroeste de México ascienden a 37 millones de pesos en promedio, representando el 2 % del valor promedio del cultivo en estas áreas, es una enfermedad que infecta parcialmente las semillas de trigo, y fue reportada por primera vez en la India durante el principio de los 1930`s.

La presencia de esta enfermedad en México fue reportada por primera vez en 1972. A principios de los 70`s se encontró en el Valle del Yaqui, Sonora, de donde se desplazó al Valle del Mayo, Sonora. En el noroeste de México, el carbón parcial se ha diseminado a otras áreas como el Valle del Fuerte, Sinaloa, y en forma aislada se ha encontrado en el estado de Baja California Sur.

El hongo penetra a través de los estomas de las glumas, lemmas y/o paleas. La infección se inicia cerca del embrión, extendiéndose por la sutura del grano, dejando el pericarpio parcialmente intacto. La porción afectada es cubierta por teliosporas de color café oscuro a negras, acompañadas de células estériles (teliosporas inmaduras), las cuales son subhialinas o amarillentas y de menor tamaño. En general los granos infectados son

distribuidos parcialmente y en pocas ocasiones ocurre una destrucción total aunque el hongo puede penetrar al embrión, no necesariamente causa daño. Los granos parcialmente infectados pueden producir plantas sanas sin embargo aquellos severamente afectados pierden su viabilidad, o presentan una germinación anormal.

Alta humedad relativa, temperaturas moderadas y lluvia durante la floración favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Los síntomas son visibles después del estado masoso del grano. No todas las espigas de una planta ni todos los granos de una espiga son infectados, encontrándose ambos distribuidos al azar; los granos infectados emiten un mal olor parecido al de pescado podrido debido a la producción de trimetilamina. En casos leves de infección, la enfermedad puede ser fácilmente confundida con punta negra. Existe una relación inversamente proporcional, entre el aumento en la severidad de la infección, y la reducción de peso del grano.

El carbón parcial es la enfermedad más importante del grano de trigo en el Noroeste de México.

Los problemas que implica la presencia de esta enfermedad son diversos. En primer termino un efecto directo es la reducción de la calidad de la harina

y de los productos elaborados con ella. Además, representa un impacto de índole económico, debido a la imposición de normas cuarentenarias relativas a la reducción del área de siembra de trigos harineros, que son más susceptibles a la enfermedad, y a las operaciones de exportación de la semilla hacia áreas libres del patógeno.

Las actuales opciones de solución al problema del carbón parcial están planteadas en forma integral, es decir rotación de cultivos y tratamientos con productos químicos a la semilla, suelo y follaje. Se espera que a largo plazo el control genético sea el método más eficaz para el combate de este hongo.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **IMPORTANCIA DEL TRIGO**

#### **Origen**

Se estima que el trigo ya se cultivaba 7,000 años antes de Cristo y los descubrimientos arqueológicos permiten indicar su importancia en las civilizaciones como la Egipcia, Griega y Persa. Aunque sigue siendo polémica donde se origino el cultivo, la teoría más aceptada es la que sostiene que tuvo su origen el área del Cáucaso (Turquía e Irak) de donde se extendió a Europa (Camacho, 1997).

Su introducción a América fue hecha por los colonizadores quienes lo llevaron a América del Norte. En México, la historia cuenta que el trigo que se cultivo por primera vez provino de 3 o 4 granos que fueron encontrados por un esclavo de Cortéz (Moreno, 1997).

## Valor Nutritivo del Trigo

Aykroya y Dought, (1978), citados por Martínez, (1997), mencionan que el glúten de trigo se compone de gluteína y gliadina, que difieren por su solubilidad en alcohol, ácidos y álcalis diluidos; ambas constituyen entre el 40 y 45% respectivamente, de la totalidad de las proteínas del trigo. Señalan que en el germen y en las capas superiores del endospermo se encuentran algunos complejos proteicos, como son globulinas insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas diluidas y albúminas solubles en agua. Se trata de grupos de proteínas con propiedades físicas propias, mientras que la gliadina y la gluteína forman la matriz del glúten.

Boletín de Abasto y Comercio, (1994), citado por Martínez, (1997), menciona que en cuanto al valor nutricional del trigo entero, se ha encontrado que contiene: 337 kilocalorías, superior al frijol que contiene 332, pero inferior al maíz y arroz cuyas cantidades son de 362 y 364 respectivamente.

Es importante agregar que el proceso de industrialización, del trigo en grano sufre alteraciones químicas que modifican su contenido nutricional. Así por

ejemplo, el germen contiene en 100 gramos de peso neto, 14.3 gramos de fibra, mientras que el trigo en grano cuenta con 3.3 gramos de fibra.

El trigo en particular es la fuente de carbohidratos más importante y más difundida, de la cual participan pueblos muy disimiles en cuanto a raza, cultura, nivel de vida, etc., aunque tiene marcado predominio en los países de raza blanca, en los cuales representa mas de 30% de las calorías de la dieta media (Coscia, 1984).

## **TAXONOMIA DEL CULTIVO**

Existen alrededor de 30 especies del genero *Triticum*, sin embargo solo 2 se consideran de importancia económica que son *Triticum aestivum*, el cual es el trigo harinero y ocupa casi el 90% de la superficie mundial sembrada, y *Triticum durum* conocido como trigo duro que se utiliza en la industria macarronera (Cedillo, 1998).

**Ubicación Taxonómica de acuerdo a Colín (1992), citado por  
Martínez, (1997).**

Clase-----Monocotiledoneae

Orden-----Graminales

Familia-----Poaceae o Gramineae

Tribu-----Triticeae

Sub-Tribu-----Triticinae

Genero-----*Triticum*

Especie-----*aestivum*

Especie-----*durum*

**Superficie Cultivada a Nivel Mundial.**

De acuerdo con las estadísticas de producción de la F. A. O., durante el periodo 1991-1995 se sembró en el mundo un promedio de 620 millones 354 mil hectáreas con cinco principales cereales; trigo, arroz, maíz, cebada y sorgo. De estos cinco, el trigo se le ha dedicado la mayor superficie de siembra, con un promedio anual de 221 millones 044 mil hectáreas (35.6%).

El volumen de producción muestra un comportamiento similar al de la superficie sembrada con los cinco cereales antes mencionados. De 1991 a 1995 la producción anual de estos cereales promedia 1,818 millones de toneladas. De trigo se produjo un promedio de 548 millones 978 mil toneladas anualmente, lo que represento el 30.2% del volumen de producción promedio anual, seguido por el arroz (29.2%), maíz (28.4%), cebada (8.9%) y sorgo (3.3%) (F.A.O., 1996, citado por Camacho, 1997).

A pesar de que el trigo es el cereal mas sembrado y producido en el mundo, si se considera la importancia de su producción, esta no ha mantenido un comportamiento estable y relativamente ha ido a la baja en los 90`s, tal vez como un reflejo en la disminución de la superficie en la presente década, comparada con la dedicada a su cultivo en la década pasada. Así mientras que en 1990 se produjeron 592 millones 433 mil toneladas, en 1994 la producción mundial de trigo bajo a 527 millones 202 mil toneladas subiendo ligeramente en 1995 a 541 millones 120 mil toneladas. Este incremento del 2.6% en la producción de trigo en 1995 se dio como resultado de un incremento del 2.1% en la superficie sembrada. (FAO, Agrostat, 1996, citado por Camacho, 1997).

No obstante que la producción de trigo mostró un incremento del 2.6% en 1995, las reservas mundiales de este alcanzaron el nivel mas bajo en la

presente década; aunado a esto, la caída en la producción mundial de maíz, cebada, y sorgo ocasiona una mayor especulación en los mercados internacionales de granos con precios sumamente elevados.

(FAO, Agostat, 1996, citado por Camacho, 1997).

**Cuadro 1.** Superficie, Producción y Rendimiento Unitario en los 23 Países con la mayor Producción de Trigo. Promedios de 1993 a 1995.

PAIS	SUPERFICIE (1,000ha)	PRODUCCION (1,000 ton)	RENDIMIENTO (ton/ha)
China	29359	102636	3.496
E.U.A.	25020	62628	2.503
India	24961	59782	2.395
Rusia	23588	35264	1.495
Francia	4612	30226	6.554
Canadá	11489	25261	2.199
Turquía	9772	18848	1.929
Ucrania	5244	17320	3.303
Alemania	2472	16668	6.751
Paquistán	8168	16124	1.974
Austria	8745	14001	1.601
Reino Unido	1810	13534	7.477
Irán	7179	10918	1.521
Argentina	4812	9873	2.0525
Kasaiastan	12634	9222	0.730
Polonia	2430	8189	3.370
Italia	2382	8095	3.398
Rumania	2391	6372	2.665
Egipto	951	4997	5.254
Hungría	1049	4165	3.970
Dinamarca	605	4159	6.874
España	2031	4077	2.007
México	930	3847	4.136

Fuente: FAO Agostat Production Statistics, (1996), citado por Camacho, (1997).

## **Importancia del Trigo a Nivel Nacional.**

El trigo en México es el cereal que sigue ganando preferencia en la alimentación humana, además de ser el cultivo anual más tecnificado del país como resultado de la generación continuada de tecnologías eficientes, producto de la investigación agrícola nacional (Rodríguez, 1992)

La creciente preferencia por los productos alimenticios elaborados con trigo, es consecuencia de la mayor cantidad de productos industriales, así como de una mejor calidad de estos. El consumo creciente de pan, galletas, pastelillos, pastas para sopas, tortillas, harinas preparadas para pasteles, germen de trigo, etc. es una de las manifestaciones del mayor consumo del cereal. Por otra parte, la mayor productividad del trigo expresada en los crecientes rendimientos del cultivo, en riego y temporal, y la mejor calidad y mayor cantidad de proteínas, aunado todo esto a que al trigo se le ha venido fijando precios menores que al maíz, es lo que ha estimulado su consumo en la alimentación animal (Rodríguez, 1992).

## **Superficie Cultivada en México**

Entre 1990 y 1995 en México se sembró un promedio anual de 12 millones 445 mil hectáreas con los granos más importantes como: maíz, frijol, sorgo, trigo, arroz y cebada. En este mismo periodo se sembró un promedio anual de 947 mil hectáreas de trigo que representan alrededor del 7.6% de la superficie con granos anualmente, y colocan al trigo como el cuarto grano de mayor área de siembra en nuestro país (Camacho, 1997).

La producción anual promedio de los siete granos para el mismo periodo fue de 27 millones 499 mil toneladas, siendo los de mayor producción el maíz, sorgo y trigo, con el 60.8%, 15.8% y 13.8% respectivamente. Este porcentaje equivale aproximadamente a un promedio de 3 millones 795 mil toneladas de trigo anualmente (Camacho, 1997).

En México aproximadamente el 85% de la superficie cultivada corresponde a trigo harinero o panadero (*Triticum aestivum*), el resto a trigo duro o cristalino (*Triticum durum*) específico para la producción de pastas. (Flores, 1994).

En la República Mexicana se siembra un promedio anual de 968 mil hectáreas entre 1990 y 1995, destacan los estados de Sonora, Guanajuato, Sinaloa, Baja California y Michoacán. En conjunto, estas entidades sumaron el 65% de la superficie dedicada anualmente al cultivo de trigo en México. Los estados de la región Noroeste del país: Sonora, Sinaloa y Baja California en conjunto sembraron el 46% de la superficie y en particular Sonora es el que dedicó una mayor área a su cultivo, siendo esta de un promedio anual de 250 mil hectáreas, o sea casi un 26% de la superficie destinada a la producción de este cereal en México (Portillo, 1997).

### **Producción de Trigo en México.**

Durante el mismo periodo estos cinco estados aportaron un promedio anual 2.954 millones de toneladas de trigo; o sea el 78% de la producción nacional. Los estados de la región Noroeste aportan un promedio anual de 2.098 millones de toneladas, o sea un 55% de la producción nacional. Por estados sigue destacando Sonora con un promedio anual de 1.221 millones de toneladas que representan el 32% de la producción en México. (Camacho, 1997).

**Cuadro 2.** Superficie, Producción y Rendimiento Unitario en los Cinco Estados Con la Mayor Producción de Trigo en México. Promedios de 1990 a 1995.

ESTADO	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCION (ton)	RENDIMIENTO (ton/ha)
Sonora	250,758	1,221,091	4.862
Guanajuato	135,055	662,630	4.685
Sinaloa	120,764	495,280	4.038
Baja California	75,816	382,007	5.076
Michoacán	45,532	194,040	4.245
Otros	340,640	841,295	2.479

Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria SAGAR. , (1996), citado por Portillo (1997).

## **IMPORTANCIA ECONOMICA DE LA ENFERMEDAD**

### **Ubicación Mundial de la Enfermedad**

El carbón parcial de trigo fue identificado por primera vez en la India, en 1932, posteriormente se reporto en México, (1972), Pakistán, (1975) y en Nepal (1989). Recientemente en 1996 se reportó la presencia de esta enfermedad en algunas áreas de los estados de Arizona y California. Oficialmente no se ha reportado el establecimiento de esta enfermedad en ningún otro país (Fuentes, 1997).

## **Presencia en México de la Enfermedad**

En México, el carbón parcial del trigo se presentó por primera vez en el ciclo de cultivo 1969-70 en el Valle del Yaqui. La enfermedad a través de los años ha tenido un comportamiento errático dependiendo de las condiciones ambientales. A partir de 1980-81 la incidencia en general se ha incrementado, presentándose epifitias en algunos años. Inicialmente la enfermedad se encontraba limitada en los Valles del Yaqui y Mayo en el Sur de Sonora, pero posteriormente se extendió a los estados vecinos de Sinaloa y Baja California Sur. Recientemente, a partir del ciclo 1991-92 la enfermedad también se ha encontrado en la Costa de Hermosillo y en Caborca (Lira, 1993).

## **Problemas Económicos que Ocasiona esta Enfermedad**

El carbón parcial puede afectar la industria del trigo ocasionándole pérdidas de: peso del grano, viabilidad, vigor de semilla y calidad de los productos del grano. La pérdida en el peso del grano resultado de la infección de carbón parcial varía de 2.1% perdido solamente por la infección del embrión y con menos del 10% del endospermo destruido; 5.9% de pérdida por infección con

10-50% destruido; y 43.2% se pierde con todo el endospermo destruido. (Palacios, 1987).

La enfermedad causada por el hongo (*Tilletia indica*) ha originado el establecimiento de regulaciones fitosanitarias y cuarentenas en la última década, para evitar su introducción a otras áreas trigueras. Estas medidas han ocasionado preocupación en la comunidad científica, especialmente en lo referente al movimiento e intercambio de germoplasma. También el mercado internacional del trigo, se ha visto afectado, ya que la aplicación de regulaciones es inconsciente y parece estar basada en aspectos del orden económico-político. Para las autoridades regulatorias la diseminación del hongo por medio de la semilla infectada o contaminada constituye el aspecto más importante de esta enfermedad. Sin embargo, se debe considerar que en comparación con las royas u otros carbones que atacan al trigo, la enfermedad se considera de menor importancia por su distribución geográfica y por su potencial de causar daño económico. Así mismo hace falta más investigación acerca de aspectos epidemiológicos y de su potencial de causar daño económico. (Torres y Figueroa, 1992).

Actualmente la cuarentena decretada por los Estados Unidos al trigo producido en México, está afectando a este último económicamente, ya que no solo interfiere con la exportación de diferentes productos a dicho país,

sino también hacia otras regiones. Dicha cuarentena trajo como consecuencia el que México quedara muy limitado en lo referente al mercado internacional de semilla de trigo. Ciertamente, será muy importante el desarrollo de las implementaciones de tipo cuarentenario por parte del Servicio de Inspección Fitopecuario APHIS, ahora que el carbón parcial se ha reportado en algunas áreas pequeñas del estado de Arizona y California. En México algunas de las regulaciones fitosanitarias, siguen teniendo un efecto detrinente para los agricultores y productores de grano y semilla de trigo, por lo que es necesario revisar y actualizar la norma fitosanitaria.

(Fuentes, 1997).

Esta enfermedad ataca principalmente a los trigos harineros y el daño directo es variable, cuando se han presentado las infecciones mas altas las perdidas en el rendimiento son inferiores al 2% del total de grano cosechado.

(Fuentes, 1997).

Se ha estimado que en el noroeste de México, se presentas dos formas principales de pérdidas económicas debidas al carbón parcial, costos directos debidos a la perdida en rendimiento (6%), perdida en calidad de granos infectados (37%), pérdidas por falta de exportación de la semilla(16%); y costos indirectos debidos a perdidas por las restricciones en la siembra (29%), costos adicionales por el transporte de semillas de áreas

libres de carbón parcial (8%), y pérdidas debidas a los rechazos de grano infectado por la industria, tratamiento a la semilla y fumigaciones de grano (Lira, 1993).

El costo total anual asciende a 7.02 millones de dólares (EUA), representando el 2% del valor promedio del cultivo en áreas afectadas. Estas estimaciones no toman en consideración los costos relacionados con medidas cuarentenarias aplicadas a los medios de transporte que se les encuentra algún grano de trigo infectado al entrar a los EUA. (Torres y Figueroa, 1992).

En la India existen reportes de pérdidas causadas por el carbón parcial del trigo, aunque estos carecen de información precisa sobre los diferentes factores que causan dichas pérdidas. En 1934 se reporto un daño del 20% en algunas variedades; por otro lado, en 1975 se reportaron perdidas del 0.2% equivalentes a 40,000 toneladas de grano/año en 7 estados productores de trigo del noroeste. También en 1983 se reportaron perdidas del 0.3-0.5 del total de la producción, aun cuando algunas variedades mostraron un 80% de granos infectados. (Joshi, 1980, citado por Palacios, 1987).

El daño directo del carbón parcial sobre el rendimiento y viabilidad de la semilla, es menor comparado con su impacto sobre la calidad del grano y de la harina. Sekhon et al. (1981) reportaron que era posible hacer pan, galletas y chapatis para consumo humano, con granos mostrando niveles de 10% siempre y cuando fueran sometidos a un lavado antes de la molienda, se reporto que con el aumento del nivel de granos infectados, la fuerza y la tenacidad de la masa para pan es significativamente reducida.

Por otra parte, dado que la enfermedad es de aparición reciente en México (y en América), existe el riesgo de diseminación hacia áreas libres, por lo que se han impuesto severas restricciones cuarentenarias, las cuales han ocasionado, al menos en parte, la diseminación del área sembrada con trigo del tipo harinero; además, el cierre a posibles exportaciones de semilla se considera otro importante rubro de perdidas para la región (Fuentes, 1997).

En cuanto a la calidad de grano, para la industria molinera en el noroeste de México, es importante considerar que el límite máximo permitido es de 3% de granos infectados para producción de harinas y pan; lotes que presentan mayores sufren un descuento de 20% en el precio, siendo destinados solamente para consumo animal. Ya que el hongo le proporciona un olor y sabor desagradable. Sin embargo, muchos de estos granos pueden eliminarse en el proceso de la limpieza, y los lotes resultantes pueden

mezclarse con otros de bajo nivel de infección, para la elaboración de productos para consumo humano (Fuentes, 1997).

## **Efecto del uso de Grano Infectado Sobre Calidad de Molienda y Panificación**

Peña y Amaya (1993), examinaron el efecto del periodo de almacenamiento así como de lavado de grano de trigo infectado previo a la molienda, sobre las características de calidad de molienda y de panificación. Lotes de la variedad Seri M82 cosechadas en el Valle del Yaqui, Sonora en 1986 se usaron para formar muestras conteniendo 0, 1, 3, 6 y 9% de granos infectados con carbón parcial, los cuales se almacenaron de 0 a 12 meses. De submuestras de grano lavado y sin lavar se evaluó la calidad de la molienda, porcentaje de proteína, características funcionales (sedimentación, alveograma, volumen de pan) y características organolépticas. Los resultados obtenidos indicaron que el periodo de almacenamiento no afectó ninguna de las características que se evaluaron. Tanto los niveles de infección como el lavado de grano, no mostraron efecto significativo sobre el rendimiento harinero y características funcionales de la harina. Las diferencias con respecto al control en cuanto a color, olor (de harina y de pan), y sabor (pan) se incrementaron de acuerdo al nivel de infección,

aunque el incremento fue menor para las muestras de grano lavado. Lotes de grano no lavado con 3% de infección, produjeron harinas y pan con características organolépticas aceptables, mientras que lotes de grano lavado, produjeron harinas y pan de características organolépticas aceptables aún con un 6% de infección.

### **Efecto del Carbón Parcial del Trigo en la Alimentación Animal**

Estudios toxicológicos utilizando niveles de 25 y 50% de granos infectados en las dietas de ratas, así como extractos de granos infectados administrados a pollos y 70% de granos infectados en dietas de monos, no mostraron ningún efecto tóxico o anomalías en funcionamiento de sus órganos que se evaluaron histopatológicamente. Similarmente, los estudios realizados en granos infectados con carbón parcial, mostrando ausencia de micotoxinas conocidas como alcaloides (Fuentes, 1997).

Carrillo (1992), en un estudio utilizó cuatro dietas a base de grano de trigo con cuatro niveles de infección: 0, 5, 10 y 20 que contribuían el 80% del peso de las dietas cuales se complementaron con 12% de alfalfa 6% de harinolina de semilla de algodón y 2% de sal y minerales.

Se utilizaron 8 borregos de la raza pelibuey con peso inicial en promedio de 25 kg. fueron asignados en grupos de dos en una corraleta se tuvo a los animales con dicha dieta durante un periodo de 7-12 días para acostumbrarlos a la dieta y estimar consumo de alimento 4 borregos fueron colocados en jaulas metabólicas para un periodo de recolección de heces de 6 días. Pasado ese periodo se alojaron en las corraletas para que su lugar en las jaulas fuera ocupado por otros 4 borregos; en esta forma se completaron 4 periodos para tener un total de 4 observaciones por tratamiento. Durante el periodo en jaula se llevo registro de consumo de alimento y se recolecto el total de heces fecales de cada borrego.

El consumo de alimento no se vio afectado por la incidencia de la enfermedad en ninguno de los tratamientos, sin embargo durante el periodo de ensayo, los borregos perdieron aproximadamente el 18% de su peso. Respecto al análisis de postmortem practicado en los 2 borregos que fueron mantenidos por 60 días consumiendo la dieta de trigo con 20% de infección, el laboratorio reportó positivo a *Toxoptera virulum* (parasitosis) y negativo a tuberculosis.

Sharma (1982), realizó un estudio para evaluar el efecto de la población microbiana y el metabolismo del rumen de cabras alimentadas con grano infectado con carbón parcial. Se utilizaron 4 animales machos fistulados con peso promedio de 20 kg. y se dividieron en 2 grupos. El primer grupo recibió

una dieta basal y un suplemento de 400 gramos de trigo normal diariamente. El segundo grupo recibió la misma dieta basal y un suplemento de 400 gramos de trigo con carbón parcial a un nivel de 21%. Los animales tuvieron un periodo pre-experimental de 16 días y luego tres muestreos del rumen con intervalos de 10 días. Las muestras se tomaron por succión a través de la fístula antes de ser alimentados y 2, 4, 6, 8 y 12 horas después del alimento. El fluido rumial previamente filtrado se le midió la producción total de ácidos grasos volátiles y amoníaco y se hicieron conteos de bacterias y protozoarios. Los resultados indican que la alimentación con granos infectados significó una disminución hasta de un 31% en la producción total de ácidos grasos volátiles, hasta de 47% en la producción de amoníaco y redujo hasta un 50% el número de bacterias y protozoarios en el fluido rumial.

## **Características del Patógeno**

*Tilletia indica* pertenece a la clase Basidiomicetos al orden de los Ustilaginales, las teliosporas que infectan los granos son de color negro polvoriento provocando abscesos (Jackson, 1999).

## Descripción morfológica

Las teliosporas de *Tilletia indica* son diploides (2N), de forma globoide o subgloboide y en promedio miden 35 micrómetros de diámetro, teniendo un rango de 22 a 49 micrómetros. Las esporas son muy resistentes a condiciones adversas del medio ambiente y pueden durar viables de 2 a 5 años, la teliospora al germinar produce un micelio o basidio y este a su vez produce alrededor de 180 esporidios o basidiosporas, los esporidios primarios tienen longitudes falsas que van de 64 a 79 micrómetros de longitud y de 1 a 1.6 micrómetros de ancho, el esporidio primario germina para producir micelio este contiene un número muy grande de esporidios secundarios con longitudes falsas que van de 11.0 a 13.0 micrómetros y una anchura de 2.0 micrómetros. Al momento de emerger el esporidio secundario el aire lo salpica hacia la superficie y después hacia los granos de trigo en desarrollo. En un estudio realizado mediante la técnica conocida como el análisis del Cariotipco revela que al aislar teliosporas de este hongo, se encontraron 11 diferentes cromosomas en tamaño. (Bonde y Peterson, 1996).

## **Epidemiología**

Para que se inicie el desarrollo del carbón parcial del trigo depende en mucho de las condiciones climáticas, la temperatura optima para el desarrollo de la enfermedad es de 15 a 25 grados centígrados y se inhibe de los 30 hacia arriba, afirma que la temperatura optima para la germinación del hongo o teliosporas de este en un periodo de incubación con luz continua es de 15 a 20 grados centígrados y que requiere un rango de pH que va de entre 6.0 a 9.5, Las teliosporas pueden permanecer inactivas por varios meses (Aujla and Singh, 1986).

Exposición de granos al sol durante por 14 días estimula la germinación del hongo en un 24 a un 50%. El estercolar el terreno también estimula la germinación de dicha enfermedad (Aujla and Singh, 1986).

Singh (1988), declaró que la temperatura optima para la germinación de la esporidia primaria era de 20 grados centígrados a humedad alta, también se dice que esta deja de emerger a los 5 grados centígrados a cualquier humedad relativa, así como también después de los 35 grados centígrados, en lo que se refiere a la humedad relativa este hongo descende su actividad cuando existe un 82.5% o menos. La temperatura optima para la

germinación de la esporidia secundaria es de 20 grados centígrados en agua libre sin embargo la germinación relativamente alta ocurre de 15 a 30 grados centígrados. La esporidia secundaria deja de germinar a los 35 grados centígrados pero dentro del agua no lo hace.

La humedad es el más importante factor que determina si se presenta o no la enfermedad esta condiciona la “erupción” de teliosporas, estas requieren por lo menos un 82% de humedad relativa y la germinación de estas se presenta mas intensamente en agua libre o humedad al 100%. Una vez que se forma la esporidia requiere de alta humedad relativa constantemente. la esporidia secundaria para sobrevivir o sobrevive como máximo 6 horas con una humedad relativa de 70% o menos. (Dlekmann, 1993).

Según Dhallwal (1988), la esporidia esta primeramente latente en la tierra cuando existen las condiciones ambientales adecuadas, el aire sopla y las salpica hacia a la hoja, germinando en esta y colonizándola apareciendo aquí la esporidia secundaria. De esta manera progresando el desarrollo del hongo finalmente alcanzando la espiga vía planta o la parte terminal de esta. En la espiga en desarrollo la esporidia germina y penetra formando un micelio este crece descendentemente hacia la base por encima de los granos en desarrollo, al parecer este hongo solo ataca al pericarpio donde se desarrolla

atacando intercelularmente. Cuando los granos maduran se puede producir numerosos grupos de teliosporas y al tiempo de la cosecha estas pueden caer al suelo favoreciendo la supervivencia y la diseminación del hongo. Además las esporas pueden permanecer viables de 2 a 5 años en el suelo bajo condiciones adversas.

## **Síntomas**

La infección se inicia cerca del embrión y continua a lo largo de la hendidura del grano. La enfermedad esta restringida al endospermo de la semilla y lo trasforma en una masa de teliosporas seca y negra. En una espiga infectada, la sustitución de los tejidos normales de los granos por masas de carbón es total en algunos granos y parcial en la mayoría. La infección tiene lugar en la época de floración a partir de esporas secundarias producidas por esporas primarias o clamidiosporas que sobreviven en el suelo en estado latente desde la cosecha anterior, o por clamidiosporas contaminantes de la semilla. El primer indicio de la presencia de esta enfermedad es usualmente encontrar granos rotos y parcialmente llenos de carbón durante la trilla. A menos que la infección sea severa, solo algunas florecillas por espiga se ven afectadas y estas pasan frecuentemente inadvertidas, ya que solo unas cuantas glumas se distorsionan por las bolas

de carbón. Mientras las semillas enfermas generalmente retienen intacta una parte de la cubierta de la semilla, el embrión y la parte del endospermo pueden ser convertidos en masas de esporas negras y secas. Estas despiden un olor fétido semejante al del carbón apestoso (SARH, 1992).

## **Diseminación de la Enfermedad**

La principal fuente de inoculo es la semilla infectada o el suelo contaminado con esporas del cultivo anterior (SARH, 1992).

En un estudio realizado por Bonde y Peterson (1988) se pueden archivar teliosporas en condiciones favorables al hongo hasta por 16 años (datos ineditos).

El numero de teliosporas que se encontraron en un campo de trigo contaminado en Punjab India vario de  $2.0^{103}$  a  $51^{104}$  esporas por centímetro cubico (Gill et al., 1993).

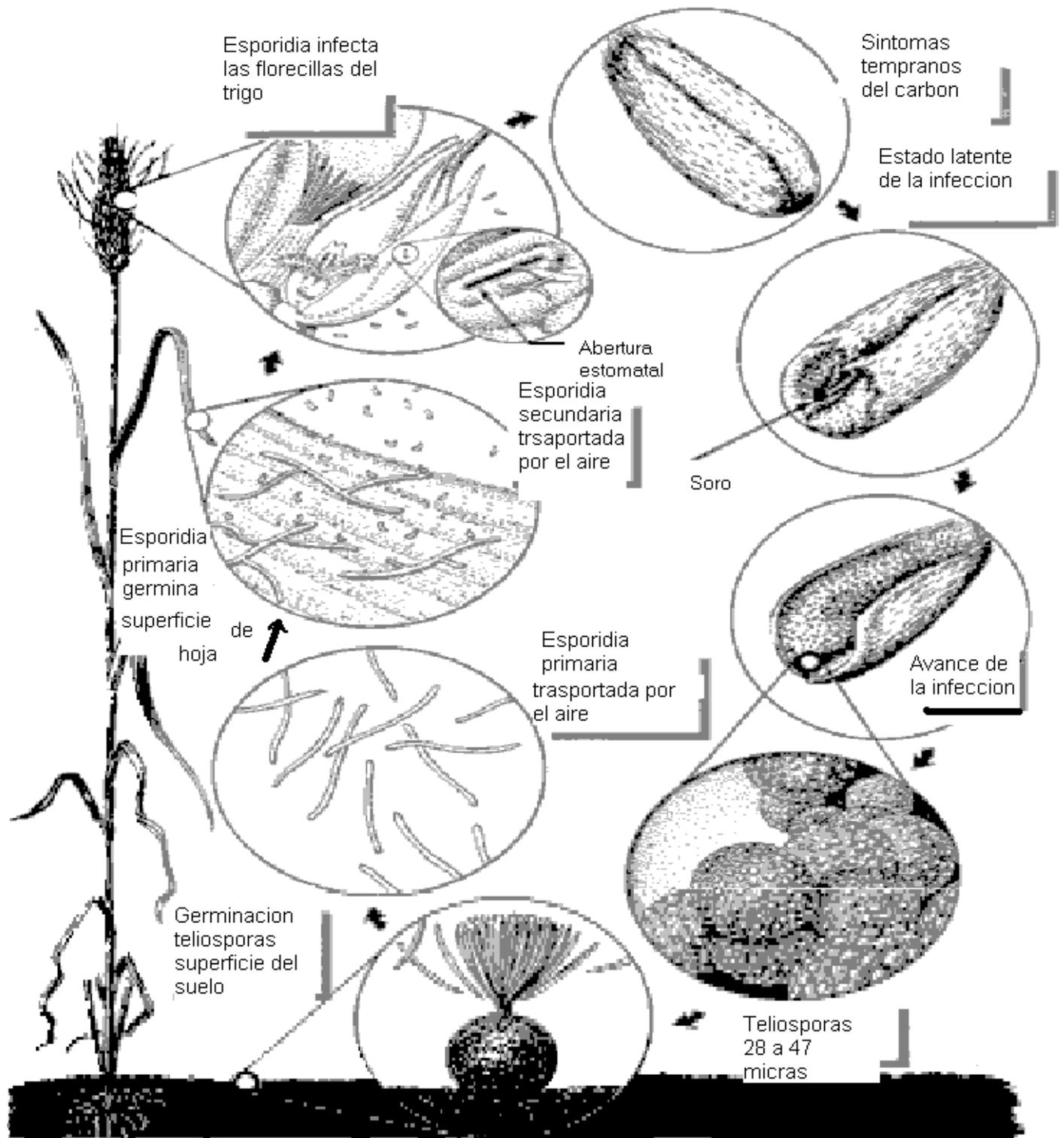
Por su naturaleza *Tilletia indica* es una enfermedad que se puede trasladar grandes distancias en los diferentes medios de diseminación. Las teliosporas también se pueden desiminar por el viento permaneciendo viables, por lo

menos 3,000 Kms. de campos infectados a campos sanos, cuando se quema los residuos de la cosecha, el humo actúa como un mecanismo de dispersión al llevar las teliosporas a grandes alturas. Animales y pájaros también pueden transportar teliosporas en sus cuerpos y en sus sistemas digestivos, sin embargo, no se ha probado que ciertas esporas sean viables. (Dlekmann, 1993).

### **Ciclo de Vida del Patógeno**

Las teliosporas (diploides), germinan en la superficie del suelo produciendo estas esporidias primarias (haploides), que son transportadas por el aire hacia la superficie de las hojas, donde estas germinan para producir micelio y este a su vez produce esporidias secundarias (haploides), estas son transportadas por el aire hacia las florecillas del trigo, donde producen micelio creciendo este descendentemente hacia la base de los granos en desarrollo y por encima de estos, cuando el cultivo llega a su madurez fisiológica se producen teliosporas (diploides), Que vuelven al suelo. (figura No. 1 Tomado de Dhallwal, 1988).

Figura No. 1 CICLO DE VIDA DE *Tilletia indica*  
Tomado de Dhallwal, (1988).



## **Método para Determinar Nivel de Infección.**

Barreras (1992), diseño un método para determinar el porcentaje de carbón parcial del trigo en el Valle del Fuerte, Sinaloa, consideró como unidad de muestra a cada predio que estuviera separado por canales u otras barreras la muestra se colecto en forma aleatoria tanto en distancia como en planta; la recolección consistió en cortar 50 espigas por diagonal del predio es decir 50 en un sentido y 50 en otro al azar, después de haber muestreado cada predio se trasladaron las muestras en bolsas de papel en las cuales se les incluyo una etiqueta con los datos correspondientes (numero de muestras, nombre del productor, unidad de riego, ejido, variedad, superficie, densidad y fecha de siembra, numero de riegos y fertilización). Posteriormente se procedió a desgranarlas con una maquina trilladora para plantas individuales; la semilla obtenida se deposito en bolsas de papel previamente rotuladas con la información correspondiente para su control, para luego obtener una submuestra de 100 g y sobre esta realizar el análisis contando los granos dañados y convertir el dato a granos dañados por Kg; considerando como base a 25,000 semillas como parte de 1 kilogramo. El nivel de infección para el Distrito de Desarrollo Rural No 133 (Los Mochis y Carrizo) fue menor que el 134 (Guasave), ya que en el primero solo 1347.4

ha (7.2%) presentaron niveles de leve y medio, mientras que en el segundo 3747.3 ha. (24.3%) con niveles desde leve hasta muy fuerte.

### **Método Para Detección del Patógeno.**

Bonde y Tooley (1997), diseñaron una nueva y rápida técnica para la identificación de *Tilletia indica*, a la que llamaron Taq-Man, utilizando esta modificación del PCR se puede detectar la secuencia nucleotida específica para el patógeno y siempre va a ser recuperado después de 8 ciclos de PCR y nos da como resultado la misma base genética de secuencia nucleotida específica para el patógeno, realizado por el método del PCR convencional.

## METODOS DE CONTROL

### Predicción de la Enfermedad

Para prevenir los brotes de carbón parcial del trigo en México y en la India Nargarajan (1991), desarrollo un método, basándose en el historial de incidencia de la enfermedad, se toman 10 años en cada país respectivamente, los resultados indicaron que entre más días lluviosos existan la incidencia del carbón parcial será mayor, además cuando la variedad amacolla o embucha demasiado contribuye al alto nivel de infección sobre todo en las hojas. Usar datos climatológicos de los diferentes lugares del mundo y además análisis de diseminación, nos lleva a determinar diferentes áreas del mundo que están en alto o bajo riesgo de que se presente esta enfermedad aunque podría estar presente en muchos lugares que aún no se ha reportado su presencia debido a la dificultad que existe para reconocerla en el campo.

Dleckman (1993), cita que la distribución de la enfermedad esta dada básicamente por las condiciones climáticas de las diferentes regiones donde se cultiva trigo, tres parámetros son suficientes para determinar su presencia:

diferencias muy marcadas entre las temperaturas máximas y mínimas, una temperatura baja relativamente en el mes de floración e inviernos apacibles.

### **Control por Medio de Termoterapia e Hipoclorito de Sodio (NaOCL).**

Smilanick y Hershberger (1997), Evaluaron la erradicación de teliosporas de *Tilletia indica* por medio de agua caliente e hipoclorito de sodio (NaOCL), con el propósito de desinfectar los sitios de almacenamiento de grano y equipo de manipulación. Se evaluó la germinación de teliosporas libres y dentro del granos. Se utilizo agua caliente a temperaturas de 25 y 80 grados centígrados y a una concentración de 1.60 % de NaOCL bajo un pH de 11.5 a diferentes tiempos de inmersión. La inmersión a 80 grados centígrados sola erradicó las esporas libres tanto como las que estaban dentro del grano, al usar NaOCl a una concentración de 1.60 a 25 grados centígrados, en 15 minutos erradicó las esporas que se encontraban libres, pero las que estaban dentro del grano sobrevivieron 15 minutos más, resultando éste el mejor tratamiento, seguido por el de 10 minutos a una temperatura de 25 grados centígrados.

## **CONTROL BIOLÓGICO**

### **Mejoramiento Genético Para la Resistencia al Carbón Parcial del Trigo**

Se ha dicho que el uso de variedades resistentes podría ser el método más efectivo de control para la enfermedad, la expresión o presencia de la enfermedad es fuertemente influenciada por el ambiente. Además, la resistencia al carbón parcial esta dada por varios genes cuyo efecto individual no es suficiente para conferir resistencia total o inmunidad, esto trae como consecuencia que la herencia de esta resistencia sea de tipo cuantitativo (genes menores). Los trabajos realizados para estudiar los efectos genéticos que gobiernan la resistencia al carbón parcial, en el trigo harinero, han mostrado que los genes que controlan la resistencia a esta enfermedad tienden a ser dominantes, y que aunque existen interacciones entre genes no alélicos, una gran parte de los efectos genéticos involucrados en la herencia de la resistencia son de naturaleza aditiva; esto es, los genes presentes en una planta suman sus efectos para proporcionarle a este un determinado grado de resistencia, Gill, et al. (1990). Estos resultados son indicadores de que la obtención de variedades resistentes a través de métodos de mejoramiento convencionales será una tarea no fácil y laboriosa.

En este caso el éxito en la obtención de tipos resistentes dependerá del uso de cruza múltiple, la prueba de una gran cantidad de plantas de cada generación segregante, y la realización de cruza biparentales en generaciones segregantes tempranas.

En el ciclo agrícola 1990-91, el programa cooperativo INIFAP-CIMMYT, para el mejoramiento genético de los trigos harineros, evaluó el rendimiento de grano de los materiales seleccionados por resistencia al carbón parcial. En este primer grupo tres líneas superaron en rendimiento y resistencia a las variedades testigo BacanoraT88 y Oasis F86. Estas líneas se probaron, durante el ciclo 1991-92, en fechas de siembra en el campo experimental del Valle de Fuerte, Sinaloa y en fechas y métodos de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora. Con las evaluaciones anteriores, se solicitó al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), la solicitud de registro para la liberación de las variedades Arivechi M92 para su cultivo en el estado de Sonora, y Guamuchil M92, evaluada por separado en el Valle del Fuerte, Sinaloa, para su cultivo en el estado de Sinaloa. Arivechi M92 y Guamuchil M92, respectivamente, probablemente derivan su resistencia de los materiales chinos Wuhan 1 y Chuan Mai (Rajaram y Van Ginkel, 1993).

En fechas recientes salieron al mercado nuevas variedades de trigos harineros para algunas regiones del noroeste de México, Huites F95,

sobresalió por su tolerancia en un estudio realizado en el Valle del Fuerte, Sinaloa, con solamente 6 granos infectados, en comparación con la variedad Carrizo T-89, en la cual se detectaron 140 granos por kg. La variedad Choix M-95 también mostró una muy buena respuesta al presentar solamente 8 granos por kilogramo contra 252 granos del testigo Carrizo T-89. Al igual que la variedad Batequis F-97, que ha mostrado rangos de tolerancia aceptables que la ubican como moderadamente susceptible (Barreras, 1998)

Palacios (1987), realizó un estudio para evaluar la incidencia de carbón parcial del trigo en el Valle del Carrizo, Sinaloa con 12 variedades, recomendadas para la región durante el ciclo otoño-invierno 1985-86, Seri M82, Altar C84, Genaro T81, Sonoita F81, Ures T81, Yavaros C79, Glennson M81, Alamos Tc183, Guasave F81, Tonichi S81, Mahone F81 y Comundu F81, se utilizó el diseño experimental en bloques al Azar con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Cada parcela se constituyó por ocho surcos de 5 metros de longitud espaciados 20 cm. La siembra se realizó el día 14 de diciembre de 1985 en seco y a mano. La cosecha se realizó por parcela, el día 30 de abril de 1986, con una combinada especial para experimentos. Posteriormente se cuantificó el número de granos con carbón parcial por kg. de semilla la variable considerada fue número de granos con carbón por kilogramo de semilla. Como resultado se tuvo que el promedio de granos con carbón por kilogramo varió desde cero, en las variedades Altar y Alamos, hasta 55 para

Guasave. En este experimento las variedades de trigo duro y triticales mostraron mayor tolerancia que las variedades de tipo harineros consideradas.

Fuentes (1993), cultivó el hongo causante del carbón parcial del trigo desarrollado a partir de teliosporas colectadas en varias localidades en el Valle del Yaqui, se utilizaron como inóculo en una concentración de 10,000 esporidias/ml. Inyectando 1 ml, en el embuche de 10 espigas por línea experimental, las cuales se sembraron en 2 o 3 fechas para evitar escapes. Las inoculaciones se realizaron por las tardes. Un sistema de riego por aspersión, se utilizó de 3 a 5 veces por día (durante 8 minutos en cada ocasión), para que proporcionara alta humedad relativa para asegurar buenas infecciones. La variedad WL-771 se ha estado utilizando como testigo susceptible. Ya en madurez, las espigas inoculadas se cosecharon y se trillaron a mano para determinar el porcentaje de infección en base al porcentaje de granos infectados. Las líneas en porcentajes de infección menores del 5% se seleccionan y posteriormente son probadas de nuevo. Aquellas que son seleccionadas después del segundo año de prueba, pasan a formar parte del Vivero de Selección de Resistencia a Carbón parcial (VSRCP), el cual se pone a disposición de cooperadores. Las líneas en este vivero también se evalúan bajo condiciones naturales de infección en el noroeste de México.

Después de 1989, 12 líneas de trigo completaron 5 años de pruebas artificiales en las cuales mostraron consistentemente menos de 5% de infección. Estos genotipos del VSRCP, están siendo utilizados como fuentes de resistencia a *Tilletia indica* en un programa de mejoramiento.

Singh y Rajaram (1995), evaluaron catorce genotipos de trigos mexicanos, con moderado o buen nivel de resistencia al carbón parcial, con un genotipo muy susceptible para determinar la base genética de resistencia, los resultados indicaron, por medio de análisis de  $X^2$  que había resistencia controlada por 2 genes en las siguientes variedades Luan, Atila, Vee No. 7, Estrella, Tejedor, Millán, Sasia y Turaco. Mientras que en Cettis, Irena, Picus y Yaco fue condicionada por un solo gen dominante, las variedades con 2 genes de resistencia expresaron un nivel mas alto de tolerancia a la enfermedad.

Valenzuela (1995), midió incidencia del carbón parcial del trigo en el Valle del Mayo, Sonora, colectaron 784 muestras a partir de 100 espigas por lote, analizándose 250 g. de grano por muestra se consideraron 5 fechas de siembra a partir del 15 de noviembre en 9 variedades, la media de granos infectados en los trigos harineros fue de 388 granos por cada 200 g., mientras que en cristalinos presentaron 20 granos. Las variedades mas

afectadas fueron Oasis con una media de 853 granos infectados, Bacanora con 455, Rayón con 343 y Tepoca 326. Las primeras fechas de siembra mostraron los niveles más altos de granos infectados con carbón parcial del trigo.

Barreras (1998), obtuvo una nueva variedad que le dio el nombre de Batequis F-97 esta la evaluó durante 3 ciclos agrícolas, en el Valle del Fuerte Sinaloa, con un testigo regional (Huites F95) mostrando una moderada susceptibilidad al carbón parcial del trigo.

Borodanenko y Barrera (1998), evaluaron y purificaron los progenitores Weaver, Star, Arivechi y Guamuchil como fuentes de resistencia a carbón parcial y las líneas experimentales del Instituto de Cooperación para la Agricultura (ICA) procedentes de cruces entre variedades rusas y mexicanas con buena calidad de grano y productividad para este fin fueron sembrados granos de 25 espigas de cada progenitor de manera individual. Los cruzamientos fueron realizados en el verano de 1995. Se evaluó la F1 en el ciclo 1995-1996; en el verano de 1996 se seleccionaron plantas F2; en el ciclo otoño-invierno 1996-1997 de las mejores familias de F3 (seleccionadas visualmente), fueron producidos dihaploides mediante el método para el cultivo de anteras *in vitro*. Después de una evaluación y selección de plantas en el verano de 1997 durante el ciclo 1997-1998 fué establecido un ensayo

de prueba preliminar de rendimiento. El ensayo tenía parcelas de 1 metro cuadrado, sin repeticiones con el testigo variedad Saturno S86 intercalado con una proporción 1:20 se seleccionaron líneas sobresalientes comparando el rendimiento de cada una con el promedio móvil del testigo y con el promedio de líneas de cada combinación híbrida.

De los factores que controlan la respuesta al cultivo *in vitro* depende de la calidad de dihaploides producidos. Con el nuevo método se ahorran 3 ciclos vegetativos para producir una nueva variedad. El tiempo puede ser un factor valioso en los programas de desarrollo de variedades resistentes a enfermedades.

Nelson y Autrique (1998), realizaron un estudio de inoculación sobre la población genética del trigo con el objetivo de localizar genes de resistencia. Se cruzó trigo resistente sintético (Altar 84) y el trigo susceptible común (Opata) se evaluaron los desarrollos de síntomas en el campo por 3 ciclos productivos y en el invernadero con condiciones apropiadas para la presencia de la enfermedad, los descendientes directos reflejaron una reducción de la enfermedad hasta en un 32% bajo condiciones de campo y un 15% en el invernadero. Estos genes de parcial resistencia de las variedades en relación a sus progenitores facilitan la acumulación de genes resistentes vía Marcador-asistencia, sobre todo de trigos duros a trigos para la elaboración de pan o comunes.

## **CONTROL CULTURAL**

### **Uso de Semilla Certificada**

El uso de semilla libre del hongo o certificada es fundamental para la prevención de este problema, ya que por medio de esta el hongo encuentra una de las maneras más efectivas de diseminación (SARH, 1992).

### **Rotación de Cultivos**

Se recomienda realizar una rotación con cultivos diferentes al trigo, donde la presencia de esta enfermedad haya sido recurrente, por lo menos 10 ciclos agrícolas (Jackson, 1999).

### **Uso de Polietileno.**

Se debe de cubrir el terreno húmedo con polietileno para incrementar la temperatura del suelo y así reducir la germinación de las teliosporas. (Jackson, 1999).

## **Manejo de Fechas de Siembra**

Planear la siembra de modo que la etapa de espigamiento de cultivo no se presente al mismo tiempo que las condiciones favorables para el desarrollo de hongo, como son temperatura y humedad relativa (Jackson, 1999).

La incidencia de carbón parcial se ve afectada por algunos aspectos del manejo agronómico del cultivo del trigo. Entre los factores que hemos observado que afectan a esta enfermedad se encuentran el manejo del nitrógeno, densidad de población, y distancia entre surcos.

(Ortiz y Sayre, 1993).

## **Manejo del Nitrógeno**

Las dosis del nitrógeno también tienen un efecto sobre el número de días a la floración con un rango que va desde 80 días después de la emergencia para los lotes que no se les aplica nitrógeno hasta 89 días después de la emergencia para los lotes que utilizan alrededor de 300 kg de N por ha. ya que la etapa de floración es determinante para la infección del carbón parcial se podrá argumentar hasta cierto punto que el efecto de la dosis de nitrógeno

sobre días a floración podría causar una escape a las condiciones que inducen a mayor grado de infección en vez de tener un efecto directo.

(Ortiz y Sayre, 1993).

Sin embargo, aun en tratamientos de nitrógeno que solo tienen un efecto mínimo (en días) sobre el número de días a floración se ve un incremento significativo en la incidencia del carbón.

Con respecto al nitrógeno la fertilidad natural del suelo también tiene efecto sobre la incidencia de carbón parcial a mayor fertilidad mayor incidencia. Por lo cual podemos concluir que a mayor nitrógeno en el suelo (como fertilizante o residual en el suelo) al momento de la siembra, mayor es la incidencia de la enfermedad. La posible explicación de este fenómeno puede estar relacionada con los siguientes factores: (Ortiz y Sayre, 1993).

- a) A mayores niveles de nitrógeno, mayor es el área foliar expuesta al patógeno el cual teóricamente llega a las espigas después de multiplicarse en las hojas.
- b) A mayores niveles de nitrógeno los estomas están mas abiertos (esto se ha medido indirectamente con un termómetro infrarrojo, el cual demuestra que a mayores niveles de nitrógeno mas frío esta el follaje) facilitando la entrada del patógeno a la planta.

c) A mayores niveles de nitrógeno también el follaje esta transpirando más (mayor humedad relativa) provocando un microambiente más favorable para el desarrollo del hongo.

Por otro lado se puede observar que mientras más retrasemos la aplicación de todo el nitrógeno menor es la incidencia de carbón parcial, conforme al nivel de nitrógeno aplicado se incrementa la infección. También se observa una reducción en la incidencia del carbón en niveles altos de nitrógeno cuando el nitrógeno se aplico a la siembra, pero, esta reducción en la incidencia de la enfermedad se puede explicar con él acame (Ortiz y Sayre, 1993).

### **Relación Entre Acame y Carbón Parcial.**

En una serie de varios experimentos con nitrógeno, se produjeron diferentes grados de acame en diferentes niveles de fertilización. En tres niveles iniciales de nitrógeno (0, 75 y 150 kg. de N/ha) no existió acame y ha mayores niveles de nitrógeno mayor es la incidencia de Carbón parcial, esto explica que debemos de no excedernos en nuestras fertilizaciones, simplemente utilizar las mas adecuadas para cada región y a consecuencia

tendremos un menor acame y una reducción de la enfermedad (Ortiz y Sayre, 1993).

## **Densidad de Siembra**

Cuando la densidad de población baja de 250 plantas por metro cuadrado (aproximadamente 100 kg. de semilla por ha.) a 100 plantas por metro cuadrado (aprox. 40 kg. de semilla por ha). , hay una reducción de aproximadamente 3 veces en la incidencia de carbón parcial. El rendimiento es el mismo con 250 o 100 plantas por metro lineal. Cuando la densidad baja a 16 plantas por metro cuadrado (aprox. 6 kg./ha), hay otra reducción en la incidencia de carbón parcial pero en esta caso de 16 plantas por metro cuadrado también esta asociada con una reducción en el rendimiento, por lo tanto se asume que se debe de utilizar la cantidad de semilla mas adecuada por ha (Ortiz y Sayre, 1993).

## **Métodos de Siembra**

En el Valle del Yaqui, Sonora, se compararon 2 variedades de trigos harineros, Rayón y Oasis en 2 metodos de siembra (surcos y melgas), se observo que en Rayón no varió la incidencia de Carbón parcial con los

métodos de siembra. En Oasis hubo una tendencia a menores niveles de carbón parcial bajo surcos, aunque no fue estadísticamente significativo. En otros ensayos, donde se evaluó la incidencia de la enfermedad en los 2 métodos de siembra y cinco variedades, la diferencia entre métodos de siembra fue mas clara, con menos incidencia bajo el método de surcos.

(Ortiz y Sayre, 1993).

## **CONTROL QUIMICO**

### **Tratamiento de la Semilla.**

Puesto que la semilla constituye uno de los principales medios de diseminación del hongo, la búsqueda de tratamientos químicos que garanticen la viabilidad y sanidad de la semilla es un elemento clave que permitirá generar semilla libre de propágulos infecciosos (teliosporas), lo que abrirá de nuevo las exportaciones regionales. Por otra parte esta estrategia de control reduce la cantidad de inóculo viable en los campos de cultivo ya infectados (Zalazar, 1993).

Durante los últimos ciclos agrícolas en el Valle del Yaqui, Sonora, se evaluaron diferentes productos químicos en tratamiento a la semilla dentro

de estos se encuentran: Pentacloronitóbenceno, Mancozeb, Maneb, Benzotiazole, Clorotalonil, Dithame, Hidróxido de Trifeniltin, Captan, Carboxin entre otros, en diferentes dosis y formulaciones, dentro de los cuales se encontró a Clorotalonil. Mancozeb, Carboxin, y PCNB como los efectivos en disminuir la germinación de las teliosporas del hongo, sin afectar la germinación de la semilla como se muestra en el cuadro No 3. (Zalazar, 1993).

**CUADRO 3.** Resumen de la Evaluación de Fungicidas en Tratamiento a la Semilla de Trigo para el Control de la Germinación de la Teliospora de *Tilletia indica*.

FUNGICIDAS	*DOSIS	% DE CONTROL	% DE SEMILLA
CLOROTALONIL	0.750	97.5	90.0
MANCOZEB	0.800	93.6	90.0
CARBOXIN	0.500	92.5	90.0
PCNB	1.500	91.3	89.0
TESTIGO	0.00	0.00	0.00

Fuentes (1999), evaluó 4 productos: Daconil, Vitavax, Pentaclor y Dividend sobre la germinación de *Tilletia indica* así como la del trigo, el 90% de germinación de la teliospora se evaluó en 10, 20 y 30 días después de la inoculación y esta fue en 400 semillas que se inocularon en un rango de 22-24 grados centígrados, los resultados demuestran que Daconil inhibió el mayor numero de germinación de teliospora a los 15 días 3 y 6 meses

después del tratamiento, en cuanto a la germinación de la semilla en el caso de Daconil y Vitavax estas mostraron una germinación muy aceptable del 94.3 y 94% respectivamente, mientras que Dividend tuvo un rango de 90 a 93%.

Fuentes (1991), utilizó 5, 10, 100, 250, 500 granos de semilla infectada por kg de semilla y el testigo sin granos infectados; se utilizó el mismo terreno para cada tratamiento en ambos ciclos. De cada parcela se tomaron 4 repeticiones y visualmente se determinó el número de granos infectados. El mayor número de granos infectados se obtuvo con el tratamiento de 100, sin embargo, el tratamiento de 500 tuvo un poco menos que el testigo. Esto confirma lo observado en el sur de Sonora y se concluye que el utilizar niveles de 5 a 500 granos infectados por kg. de semilla para siembra, no influye en una mayor incidencia de carbón parcial del trigo.

### **Control Químico en Campo**

La evaluación de fungicidas durante la etapa de inicio de espigamiento del cultivo constituye una de las estrategias más viables para evitar la infección del patógeno, se han evaluado 23 productos dentro de los cuales se encuentran Bitertanol, Carboxin, Captan, Clorotaloni Diniconazole,

Etaconazole, Futriafol, entre otros. Durante diferentes etapas del cultivo desde inicio del espigamiento hasta final de la floración en diferentes dosis y numero de aplicaciones, en donde se encontró al producto Propiconazole con los más altos niveles de control de la enfermedad, bajo infección natural como artificial. Así mismo incrementos en el rendimiento de 3-6% con respecto al testigo tal como lo muestra en el cuadro No. 4 (Figueroa y Espinoza, 1988).

**CUADRO 4.** Evaluación de Propiconazole en la Etapa de Espigamiento del Cultivo de Trigo para el Control del Carbón Parcial del Trigo.

DOSIS g. i. A/ha	No. APLICACION	% DE CONTROL	RENDIMIENTO *
62.5	1	79.0	3.4
62.5	2	89.2	3.4
125.0	1	80.0	3.2
125.0	2	93.0	6.0

1= Primera aplicación inicio del espigamiento.

2= Aplicación inicio del espigamiento más 10 días.

- Incremento en rendimiento % con respecto al testigo.

Sharma y Nanda (1997), evaluaron en Ludhiana, Punjab, India, el efecto de 3 fungicidas agrícolas, Ciperconazole, Cyproconazole y Propiconazole, dando los mejores resultados Cyproconazole y Propiconazole con 78.8 a

91.1 y 74.4 a 89.4, respectivamente de efectividad bajo condiciones de campo.

## **CONTROL LEGAL**

El carbón parcial es la preocupación actual de los servicios cuarentenarios de la mayoría de los países productores de trigo. Rusia (antigua Unión Soviética) ha interceptado trigo con carbón parcial por lo menos en dos ocasiones; la Organización de Protección Vegetal para Europa y el Mediterráneo (EPPO) ha publicado descripciones de carbón parcial y de otros organismos objeto de cuarentena. Además, el servicio de Inspección Sanitaria para Plantas y Animales (APHIS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha interceptado trigo con carbón parcial procedente de la India (2 veces en 1949, en Washington D. C.), de Afganistán (en 1955 en Washington D. C.) y de México (Julio de 1981 en Laredo). Todo ello ha motivado al personal de APHIS para recomendar al Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos la adopción de medidas de emergencia reguladoras de las importaciones de trigo hacia ese país. (Torres y Fuentes, 1982, citados por Palacios, 1987).

A raíz de la presencia del carbón parcial del trigo en los Valles del Yaqui y Mayo, la dirección general de Sanidad Vegetal declaró, en mayo de 1982,

una cuarentena que regula, entre otras actividades, movimiento de semilla de trigo producida en el estado de Sonora. Por otra parte, en marzo de 1987, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación la Cuarentena Interior número 16 contra el carbón parcial del trigo, en ella se establecen los fundamentos de la misma, declarando en cuarentena los municipios de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur.

Actualmente la enfermedad sigue confinada en los estados de Baja California Sur, Sinaloa y Sonora, exceptuando la zona de San Luis Río Colorado en el estado de Sonora.

La diseminación del hongo a otras regiones o estados productores de trigo, puede ocurrir a través de vehículos, trilladoras, granos y/o semillas infectadas o contaminadas, por lo que es necesario fortalecer las medidas reguladoras a través de la ubicación estratégica y operación de puntos de verificación interna

Con base a lo anterior, el combate de esta enfermedad exige la vinculación y coordinación de los diferentes sectores involucrados en el proceso de producción-consumo de trigo, a fin de tomar decisiones sobre como, cuando y donde producir con base a estudios de competitividad, cuyo resultado sea el conocimiento de las características del entorno, tecnología disponible,

costo de producto, mercados potenciales, estándares de calidad y demanda del producto; para ello se requiere la concentración y participación organizada de productores, gobiernos estatales y federal, prestadores de servicios y consumidores.

Para alcanzar los objetivos señalados en los párrafos anteriores, con fecha el 4 de agosto de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-FITO-1995.

En virtud del resultado del procedimiento legal antes indicado, se modificaron los diversos puntos que resultaron procedentes, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-001-FITO-1995.

## LITERATURA CITADA

- Auja, S. S. And Singh, B. B. 1986. Method of teliospore germination and breaking dormancy in *Neovossia indica*. *Phytopathology* 38: 574-577.
- Barreras, S. M. A. 1998. Batequis F-97 Una nueva variedad de trigo harinero para Sinaloa. Memorias del XVII Congreso de Fitogenetica. Acapulco, Guerrero. Mex. pp-24.
- Barreras, S. M. A. 1998. Batequis F-97 nueva variedad de trigo harinero para Sinaloa. Folleto técnico No 15, INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Los Mochis, Sinaloa, Mex.
- Barreras, S. M. A. 1992. Muestreo para carbón parcial del trigo (*Tilletia indica*) en áreas trigueras del Valle del Fuerte, Sinaloa. Memorias de la I Conferencia Nacional de Trigo. Cd Obregón, Sonora, Mex. pp 369-374.

- Bonde, M. R. and Peterson, G. L. 1996. Comparison of the virulence of isolates of *Tilletia indica*, causal agent of karnal bunt of wheat, from India, Pakistan and México. *Phytopathology*. 67: 1071-1074.
- Bonde, M. R. and Peterson, G. L. 1988. Inheritance of isozymes in the pathogen *Tilletia indica*. *Phytopathology* 78: 1276-1279.
- Bonde M. R. and Tooley P. W. 1997. A rapid, automated PCR-based technique for identification of *Tilletia indica*. *Phytopathology* 87: S8.
- Borodanenko, A. y Barrera, J. L. 1998. Cultivo de antera *in vitro* en el programa de mejoramiento de trigo resistente a carbón parcial. Memorias del XVII Congreso de Fitogenética Acapulco, Guerrero, Mex. pp-25.
- Camacho, C. M. A. 1997. El trigo en el contexto de la producción agrícola nacional y mundial. Memorias del Primer Simposio Internacional de Trigo. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 19-23.
- Camacho, M. C. y Rajaram S. 1993. Mejoramiento genético para la resistencia al carbón parcial del trigo. Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbón Parcial del Trigo (*Tilletia indica*) en el estado de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 32-43.

Carrillo, L. E. 1992. Evaluación nutricional y toxicología del grano de trigo afectado por carbón parcial del trigo. Memorias de la I Conferencia Nacional de Trigo. Cd. Obregón, Sonora, Mex.  
pp 379-388.

Cedillo, R. J. 1998. Efecto de algaenzims sobre las características del suelo el rendimiento y contenido de proteína en grano de trigo. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mex.  
pp 1-6.

Coscia, A. A. 1984. Economía del trigo. Editorial hemisferio sur. México, D. F. pp  
3-5.

Dhallwal, H. S. 1988. Up-to-date life cycle of *Neovossia indica*. Curr. Scl 57:675-677.

Dlekman, M. 1993. Epidemiology and geophytopathology of select seed-borne diseases. International Center for Agricultural Research in the Dry Aroas (ICARDA).

Figuroa, L. P. y Espinoza, S. T. 1988. Tratamiento químico con fungicidas para el control del carbón parcial del trigo *Tilletia indica* Mitra. Reporte

Técnico del Grupo Interdisciplinario de Trigo. INIFAP-CAVY.

Cd. Obregón, Sonora, Mex.

Flores, D. F. 1994. Evaluación de 17 genotipos criollos de trigo (*triticum aestivum* L.) para rendimiento y sus componentes en la región de Navidad N. L. Tesis profesional-UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Mex. pp 7-11.

Fuentes, D. G. 1999. Tratamiento de semilla de trigo con fungicidas para el control del carbón parcial. Memorias del X Congreso Latinoamericano de Fitopatología y el XXVI Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco Mex. pp 224.

Fuentes D. G. 1997. Carbón parcial del trigo situación actual y perspectivas. Memorias del Primer Simposio Internacional de Trigo. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 105-112.

Fuentes, D. G. 1993. Identificación de fuentes de resistencia a *Tilletia indica*. Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbón Parcial del Trigo *Tilletia indica* en Sonora. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp. 127-145.

- Fuentes D. G. 1991. Efecto del numero de semillas de trigo infectadas con *Tilletia indica* Mitra para la siembra en la incidencia de carbón parcial bajo condiciones naturales. Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitopatología. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, Mex. pp 154-155.
- Gill, K. S., Sharma, I. and Aujla, S. S. 1993 Karnal bunt and wheat production. Punjab, Agricultural University Ludhiana. India. PAU Press. 153 pp.
- Gill, K. S., Nanda, G. S., Singh, G., Chand, K. and Aujla, S. S. 1990. Study of gene effects for karnal bunt (*Neovossia indica* Mitra) resistance in bread wheat Indian J. Genet 50(3): 205-209.
- Jackson, L. 1999. Karnal bunt of wheat. Agronomy University of California, Davis. UC. DANR. Publication. 3339.
- Lira, I. M. 1993. El carbon parcial del trigo en el estado de Sonora. Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbon Parcial de Trigo (*Tilletia indica*) en el estado de Sonora. Cd. Obregón Sonora, Mex. pp 7-8.

Martinez, V. L. 1997. Biofertilizacion nitrogenada con *Azospirillum* en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*). Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mex. pp-5-10.

Moreno, R. 1997. Tecnología moderna para la produccion de trigo. Memorias del Primer Simposio Internacional de Trigo. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 71-78.

Nagarajan, S. 1991. Epidemiology of karnal bunt of wheat incited by *Neovossia indica* and an attempt to develop a disease prediction system. Wheat Special Report. No 4 CIMMYT. International. pp 69-71.

Nelson, J. C. and Autrique, J. E. 1998. Chromosomal location of genes for resistance to karnal bunt in wheat. Department of plant breeding and biometry. Cornell University 38: (1) 231-236.

Ortiz, M. I. y Sayre, K. 1993. Algunas prácticas agronómicas relacionadas con la incidencia de carbón parcial. Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbón Parcial del trigo *Tilletia indica* en el estado de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 47-59.

Palacios, M. G. 1987. Evaluacion de la incidencia de carbon parcial *Tilletia indica* en 12 variedades de trigo recomendadas para el Valle del Carrizo,

Sinaloa. en el ciclo 1985-86. Tesis profesional. Escuela de Agricultura y Ganaderia de la Universidad de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 47-59.

Peña, J. y Amaya, A. 1993. Efecto del almacenamiento y del lavado de grano en las características de calidad de muestra de trigo (variedad Seri M82) con diferentes niveles de carbon parcial del trigo (*tilletia indica*). Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbon Parcial del Trigo (*Tilletia indica*) en el estado de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 87-94.

Portillo, J. L. 1997. Estructura nacional de la comercialización del trigo y sus perspectivas para el siglo XXI. Memorias del Primer Simposio Internacional de Trigo, Cd. Obregón, Sonora Mex. pp 152-157.

Rajaram, S. and Van Ginkel, M. 1993. A guide to the CIMMYT bread wheat section. Wheat Special Report No. 5 CIMMYT, México, México D.F.

Rodriguez, J. V. 1992. Importancia del trigo en la producción de alimentos en México. Memorias de la I Conferencia Nacional de Trigo. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 9-10.

SARH.1992. Guia fitosanitaria para el cultivo del trigo, sistema de produccion de trigo. México, D. F. pp 23-24.

Sekhon, K. S., Randhawa, S. K., Saxena, A. K. and Gill, K. S. 1981. Effect of washing/stteping on the acceptabilty of karnal bunt infected wheat for bread, cokie and chapati making Sci. Tech 18: 1-2.

Sharma, I. and Nanda, G. S. 1997. Ciperconazole effective fungicida for the control of karnal bunt of wheat. Department of plant pathology. Punjab Agricultural, University, Ludhiana, India. Plant-disease-research 12: (1), 35-36.

Sharma, C. P. 1982. Note on the effect of feeding karnal bunt infected wheat on metabolism in the rumen of goat. Indian University, Animal Sci. 52 (7): 603-605.

Singh, B. B. 1988. Studies on variabillity epidemiology and biology of *Neovossia indica* (Mitra) causing Karnal bunt of wheat Ph. D. Thesis, Punjab Agric. Univ., Ludhiana. 110 pp.

- Singh, G. and Rajaram, S. 1995. Genetic analysis of karnal bunt resistance in 14 mexican bread-wheat genotypes *Plant-Breeding* 114: (5) 439-431.
- Smilanick, J. L. and Hershberger W. 1997. Germinability of teliospores of *Tilletia indica* after hot water and sodium hypochlorite treatments. USDA-ARS, Fresno CA. *Plant-disease* 81 (8): 932-935.
- Torres, E. y Figueroa, P. 1992. La investigacion del carbón parcial del trigo en México. *Memorias de la I Conferencia Nacional de Trigo*. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 361-935.
- Valenzuela, J. 1995. Incidencia del carbon parcial (*Tilletia indica*) en el Valle del Mayo, Sonora. *Memorias del XXII Congreso Nacional de Fitopatologia*, Guadalajara, Jalisco, Mex. pp 42.
- Zalazar, H. 1993. La investigacion sobre el control químico del carbon parcial (*Tilletia indica*. Mitra) del trigo en el sur de Sonora y sus perspectivas. *Memorias del Taller Sobre Estrategias para el Control del Carbon Parcial del Trigo (Tilletia indica)* en el estado de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, Mex. pp 43-47.

