

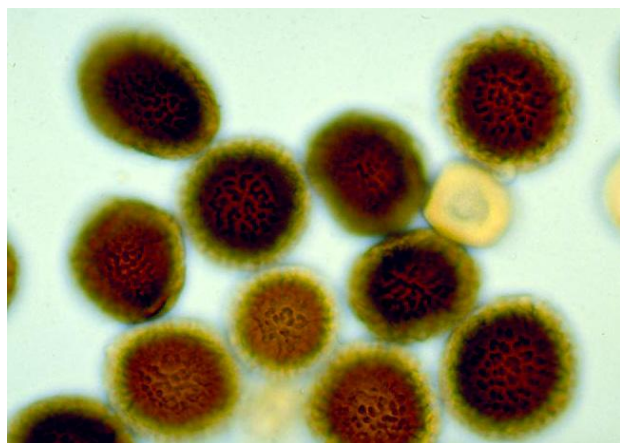
## 1. PLAGA

### 1.1. Ubicación taxonómica

Reino: Fungi  
Phylum: Basidiomycota  
Clase: Ustilaginomycetes  
Subclase: Exobasidiomycetidae  
Orden: Tilletiales  
Familia: Tilletiaceae  
Género: *Tilletia*  
Especie: *Tilletia indica*  
(CABI, 2007).

### 1.2. Descripción morfológica

Las teliosporas son de color rojizo oscuro a cobrizo, marrón opaco u oscuro, algunas esporas son negro opaco, globosas a subglobosas, algunas veces traen consigo un fragmento de micelio (apiculus); miden 24-47  $\mu\text{m}$  de diámetro (aproximadamente el doble de *Tilletia caries*) (Fig. 1). Los esporidios primarios son generalmente de 64-79 x 1.5-2  $\mu\text{m}$ ; esporidios secundarios de 12-13 x 2  $\mu\text{m}$  (CABI, 2007).

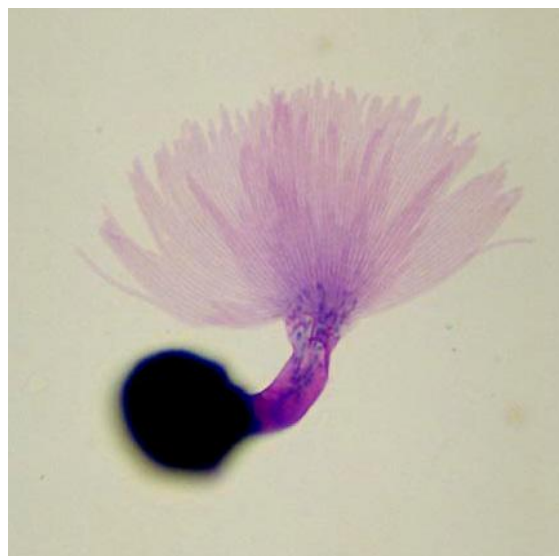


**Fig. 1** Teliosporas de *Tilletia indica*. Créditos: Ruben Durán (Washington State University)

## 2. BIOLOGÍA

### 2.1. Ciclo biológico

*Tilletia indica* puede sobrevivir en el suelo. En algunas zonas cuando no se siembra trigo en 2 años la presencia del patógeno se reduce, pero no logra eliminarse. Las teliosporas germinan en el suelo entre la época de la floración y la etapa de cosecha; normalmente la temperatura debe oscilar entre 20 y 25 °C, en donde se produce el promicelio con muchos esporidios primarios en forma de hoz (Fig. 2). Los esporidios primarios dan lugar a protuberancias que se convierten en esporidios secundarios (EPPO/CABI, 1997).

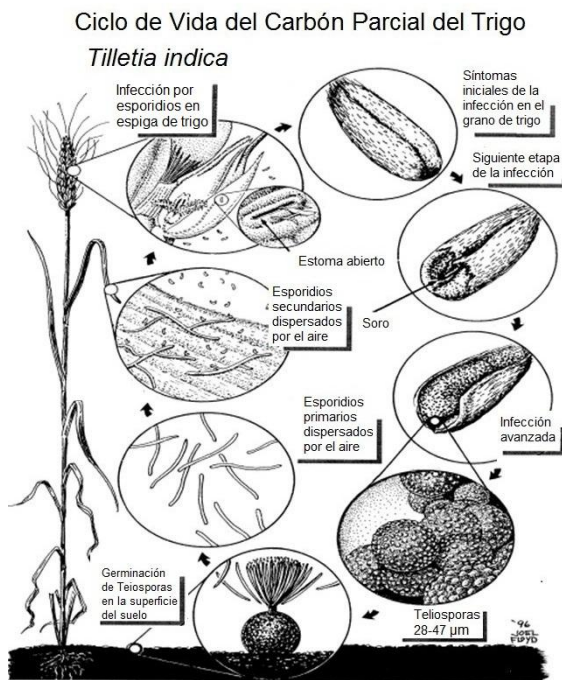


**Fig. 2.** Teliospora germinando y con esporidios primarios. Créditos: Ruben Durán

Los esporidios primarios y secundarios son la principal fuente de infección y son dispersados a las espigas a través del viento o por el agua de lluvia. Los tubos germinales se originan de los esporidios secundarios, crecen y se dirigen hacia las aberturas estomáticas de la gluma, lema o patea, para poder penetrar (Fig. 3). Las hifas crecen intercelularmente en la gluma,

**FICHA TÉCNICA**  
**Carbón parcial del trigo**  
**Karnal bunt of wheat**  
**(*Tilletia indica* Mitra)**

lema, palea y posiblemente el raquis; a partir de estos tejidos entra en la base del ovario para infectar a la semilla, limitándose normalmente al pericarpio (EPPO/CABI, 1997).



**Fig. 3.** Ciclo de vida de *Tilletia indica*.  
Créditos: USDA.

## 2.2. Epidemiología

Las temperaturas de 8-20°C y humedad relativa alta, asociados con lluvias ligeras y días nublados, son condiciones favorables para que se presente la infección en las espigas durante la floración. Las condiciones ambientales juegan un papel decisivo para que se presente la infección, ya que si se presenta tiempo seco, temperaturas altas entre 20-25 °C y luz solar, es poco probable que aparezca (EPPO/CABI, 1997).

## 2.3. Síntomas

Los síntomas de la enfermedad son difíciles de detectar en campo ya que los granos infectados

están distribuidos de manera irregular. Si el clima es favorable se presentan síntomas externos como el olor a pescado y la presencia de masas de esporas de color negro durante la cosecha. Las espigas infectadas pueden disminuir en longitud y número de espiguillas. Lo mejor es sacar el grano de la espiga antes de examinarlo para poder detectar los síntomas de carbón parcial (DPHQ, 2001; Rodríguez, 2000).

El grado de daño puede variar desde un ligero oscurecimiento de la punta del grano, a la corrosión y vaciamiento completo del grano (Fig. 4). Los granos con carbón parcial son generalmente frágiles y oscuros. Se observan grietas en donde se ve una masa polvorienta de esporas negras en la parte terminal del embrión o a lo largo de las ranuras del grano. (DPHQ, 2001).



**Fig. 4.** Grados de daño causados por *T. indica*, en el grano del trigo. Créditos: Department of Agriculture, Western Australia.

El carbón parcial no afecta el rendimiento, sí afecta la calidad de la harina cuando los granos afectados en su exterior manifiestan infecciones mayores al 3% (Rodríguez, 2000).

**FICHA TÉCNICA**  
**Carbón parcial del trigo**  
**Karnal bunt of wheat**  
**(*Tilletia indica* Mitra)**

**2.4. Mecanismos de dispersión**

El carbón parcial del trigo se propaga por medio de las teliosporas. Además de ser transmitidas por semilla, las esporas pueden ser transportadas a otras áreas a través de todo aquello a lo que puedan adherirse, incluyendo plantas, ropa, equipo agrícola, herramientas y vehículos (cosechadoras). También pueden ser dispersados por el agua de lluvia y los animales como insectos y aves, ya sea como contaminantes de la superficie o través de sus heces (DPHQ, 2001).

**3. HOSPEDANTES**

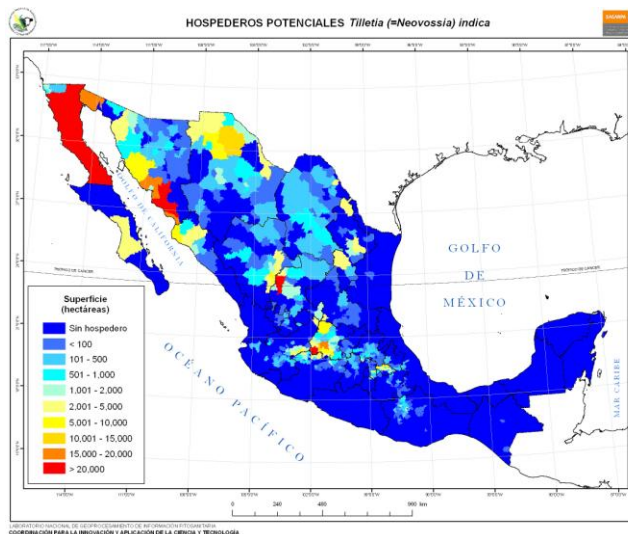
El rango de hospedantes abarca trigos duros y blandos, además de Triticale (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Hospedantes del Carbón parcial del trigo (*Tilletia indica* Mitra).

N. científico	N. común	Fuente
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo harinero	Fuentes-Dávila, 1996
<i>Triticum turgidum</i>	Trigo duro	
X <i>Triticosecale</i>	Triticale	
<i>Triticum variabilis</i>		
<i>Triticum shareonensis</i>		
<i>Triticum ovatum</i>		
<i>Triticum scerrit</i>		

**3. 1. Distribución de hospedantes en México**

De acuerdo con datos de SIAP (2009), en México el cultivo de trigo se encuentra distribuido principalmente en los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Zacatecas, Tlaxcala, Chihuahua, Michoacán, Jalisco, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Oaxaca, Estado de México, Coahuila, Puebla, Hidalgo, Baja California Sur y San Luis Potosí (Fig.5).

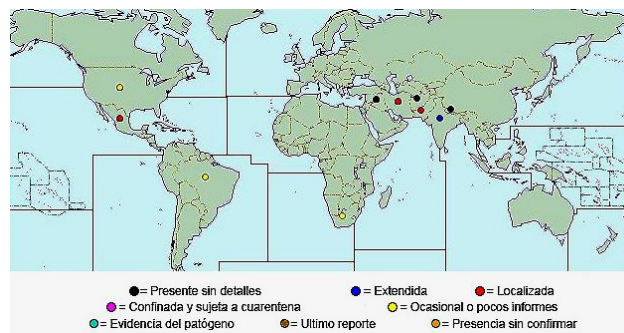


**Fig. 5.** Distribución de hospedantes potenciales del Carbón parcial del trigo en México. Créditos: LANGIF-SINAVEF.

**4. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL**

Asia: Afganistán, India (Jammu y Cachemira, Punjab, Uttar Pradesh), Iraq, Nepal y Pakistán.

América: México, Estados Unidos (Arizona, Nuevo México, Texas, en proceso de erradicación), Brasil (limitado a Río Grande do Sul, en proceso de erradicación) (Fig. 6) (EPPO/CABI, 1997).



**Fig. 6.** Mapa de distribución mundial de *T. indica* Mitra. Créditos: CABI, 2010.

## 5. IMPORTANCIA DE LA PLAGA

Quizás la verdadera importancia del carbón parcial del trigo es debido al alto riesgo que representa la enfermedad de establecerse en países libres de la misma, ya que de suceder esto, la comercialización del grano harinero como la semilla podrían restringirse. Debido a estos riesgos. Estados Unidos ha impuesto niveles de "tolerancia cero" a la presencia de teliosporas en embarques de semilla del CIMMYT a los Estados Unidos (Carreón *et al.*, 1992).

Un estudio económico realizado por CIMMYT, indica que las pérdidas anuales estimadas para nuestro país son de 7.02 millones de dólares, definidos como costos directos (pérdidas en rendimiento y calidad, y pérdidas por la restricción para exportar semilla) e indirectos (costo de mantener medidas cuarentenarias, fumigación de grano y restricciones en el uso de semilla sana) (Carreón *et al.*, 1992).

### 5.1. Estatus cuarentenario de la plaga en México

Con base en las determinaciones establecidas en la **NIMF n° 8** (FAO, 2006), se categoriza como **“Presente: sólo en algunas áreas sembradas con cultivos hospedantes”**.

El carbón parcial del trigo se encuentra presente en los estados de Baja California Sur, Sinaloa y los Valles del Yaqui y del Mayo del estado de Sonora, por lo cual se consideran como zonas bajo control fitosanitario y existen restricciones fitosanitarias para la movilización nacional y para la exportación de trigo a otros países por la presencia del carbón parcial, por lo que es importante el reconocimiento de zonas libres (Dirección de Protección fitosanitaria, 2010).

Se tienen reconocidas como zonas libres del patógeno referido a los estados de Baja California, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Coahuila, Tamaulipas, Chihuahua, Nuevo León y los municipios de San Luis Río Colorado, Altar, Atil, Oquitoa, Caborca, Pitiquito, Tubutama, Saric, Trincheras, Puerto Peñasco y General Plutarco Elías Calles, del estado de Sonora (DOF, 2003).

En 1983, el gobierno de México estableció medidas legales para contener la diseminación de la enfermedad, implementándose entonces la cuarentena interior No. 16, la cual posteriormente se transformó en la Norma Oficial Mexicana NOM-FITO-001-2001, Por la que se establece la campaña contra el carbón parcial del trigo, actualmente vigente (Rivera y Vargas, 2001).

También la Norma Oficial Mexicana NOM-017-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo, incluye al carbón parcial del trigo (*T. indica*) como parte de las plagas cuarentenadas que regula (DOF, 1996).

### 5.2. Importancia económica de la plaga

México tiene una superficie sembrada con alrededor de 866,022 ha de las cuales se cosechan 828,407 ha con una producción de 4'116,161 ton y cuyo valor de producción supera los 10 mil millones de pesos.

Tomando en cuenta el antecedente en pérdidas económicas generadas por la enfermedad en otras zonas de nuestro país, es considerada como una plaga de alto riesgo.

En el cuadro 2 se representan los estados de la República Mexicana con mayor importancia en la producción de trigo.

**FICHA TÉCNICA**  
**Carbón parcial del trigo**  
**Karnal bunt of wheat**  
**(*Tilletia indica* Mitra)**

**Cuadro 2.** Principales estados productores de trigo.

Principales estados productores de trigo	Superficie sembrada (Ha)	Valor de producción (miles de pesos)
Sonora	320,475.50	5'542,607.24
Guanajuato	118,092.50	1'616,220.51
Baja California	102,469.00	1'818,207.02
Chihuahua	53,172.09	748,271.52
Tlaxcala	45,225.00	253,571.56
Michoacán	36,402.00	483,828.75
Jalisco	35,784.00	385,719.59
Sinaloa	30,720.12	330,813.27
Zacatecas	26,579.00	93,101.27
Nuevo León	25,508.40	154,673.84

Fuente: (SIAP, 2009)

el grano obtenido de 25 ha, de está se debe tomar una muestra compuesta de 1.5 kg, la cual se enviará a un laboratorio de prueba para su diagnóstico

### 6.1. Alerta fitosanitaria

Con el objetivo de detectar oportunamente nuevos focos, la Dirección General de Sanidad Vegetal ha establecido la comunicación pública mediante el teléfono (01)-800-98-79-879 y el correo: [alerta.fitosanitaria@senasica.gob.mx](mailto:alerta.fitosanitaria@senasica.gob.mx) para atender los reportes sobre la posible presencia de nuevos focos.

## 6. ESTRATEGIAS DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Se establecerá una red de vigilancia epidemiológica fitosanitaria sobre áreas de riesgo fitosanitario para detectar de manera oportuna la posible introducción y/o presencia del carbón parcial del trigo ya que es la mejor manera de monitorear, detectar y alertar la presencia de la plaga en las zonas productoras en donde no se encuentra.

Los síntomas ocasionados por el carbón parcial del trigo son difíciles de detectar en campo, por lo que las actividades de monitoreo se realizarán mediante muestreos.

El muestreo se debe realizar en las principales zonas productoras de trigo cuando el cultivo esté en madurez fisiológica o próxima a la cosecha (grano formado). Se coleccionarán 600 espigas tomando el diseño de cinco de oros, de tal manera que se tomarán 120 espigas por cada punto, la selección de las espigas será mediante un recorrido en zig-zag, tomando una espiga cada cinco pasos, las cuales se desgranarán manualmente dentro de un costal nuevo o que no haya sido empleado en otros predios, se formará una muestra compuesta con

## 7. ESTRATEGIAS DE CONTROL

### 7.1. Control cultural

El manejo del cultivo determina las condiciones micro ambientales de desarrollo del cultivo, por lo que su influencia sobre la incidencia también se ha estudiado. Se ha observado que las aplicaciones excesivas de nitrógeno, las siembras en melgas y las altas densidades de población favorecen la incidencia de la enfermedad (SIAFESON, 2009).

Se ha observado que la siembra en surcos favorece la circulación del aire y la penetración de luz, en comparación con la siembra en melgas, lo que trae como consecuencia la reducción de la humedad relativa y un secado más rápido del agua libre, con la subsecuente disminución de la enfermedad (SIAFESON, 2009).

### 7.2. Control genético

Aunque no se ha detectado inmunidad en variedades comerciales, se ha observado que existen diferencias genéticas en la susceptibilidad a la enfermedad. La más notable

ha sido la existente entre los trigos cristalinos, con un alto grado de resistencia, y los trigos harineros, generalmente susceptibles. Se considera que el mejoramiento genético es una de las mejores opciones para combatir la enfermedad, al no incrementar el costo de producción. Las variedades de trigo producidas en los últimos años por los programas de mejoramiento se han liberado considerando, entre otros factores, el grado de resistencia a esta enfermedad (SIAFESON, 2009).

### 7.3. Control legal

La cuarentena interior No. 16 contra el carbón parcial puesta en operación en 1987, establece entre otras normas, que el grano y germoplasma experimental de trigo, las cosechadoras, camiones y maquinaria agrícola proveniente de las zonas cuarentenadas son consideradas de cuarentena parcial, y absoluta para el caso de semilla para siembra. El trigo que pretenda utilizarse para semilla deberá ser certificado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), cumpliendo con la norma de 0% de grano infectado o dañado por carbón parcial, tratada químicamente y acompañada de una guía fitosanitaria donde se indique su procedencia y que se encuentra libre del patógeno (Fuentes-Dávila, 1992).

Actualmente se encuentra en vigencia la Norma Oficial Mexicana NOM-FITO-001-2001, Por la que se establece la campaña contra el carbón parcial del trigo (Rivera y Vargas, 2001).

Así mismo la Norma Oficial Mexicana NOM-017-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo (DOF, 1996).

### 7.4. Control químico

Los tratamientos fungicidas de semillas se han utilizado para reducir la propagación del inóculo en las semillas; sin embargo, actualmente en los Estados Unidos hay pocos fungicidas registrados para el control del carbón. Y no se sabe de ninguno que extermine a las esporas de carbón parcial en la superficie de la semilla. El problema con todos los fungicidas actuales es que las esporas de carbón parcial germinarán una vez que el producto químico se lave (Foster y Goetes, 1996).

La aplicación de fungicidas al follaje en floración es una opción viable para minimizar la incidencia de la enfermedad en lotes de producción de semilla. De varias decenas de fungicidas evaluados, se ha observado que el propiconazol ha sido el más efectivo (Foster y Goetes, 1996).

### 8. LITERATURA CITADA

- CABI. 2007. Crop Protection Compendium. Global module 7<sup>nd</sup> Data Sheet for: *Tilletia indica* Edition CAB International. UK.
- CABI. 2010. Crop Protection Compendium. Global module 7<sup>nd</sup> Data Sheet for: *Tilletia indica* Edition CAB International. UK.
- Carreón, Z. M. 1992. Fuentes-Dávila, G., y G.P. Hettel, (eds.) Estado actual de la investigación sobre el carbón parcial en México. Reporte Especial de Trigo No.7 CIMMYT. México, D.F.
- Dirección de Protección fitosanitaria. SAGARPA-SENASICA-DGSV. Campaña contra Carbón Parcial del Trigo. 2010.



**FICHA TÉCNICA**  
**Carbón parcial del trigo**  
**Karnal bunt of wheat**  
**(*Tilletia indica* Mitra)**

- DOF. 1996. NORMA Oficial Mexicana NOM-017-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo. Diario Oficial de la Federación (DOF). Publicada el Jueves 5 de diciembre de 1996.
- DOF. 2003. Acuerdo mediante el cual se declara como zona libre del carbón parcial del trigo (*Tilletia indica*) al Estado de Coahuila. Diario Oficial de la Federación (DOF). Publicado el martes 30 de septiembre de 2003.
- DPHQ. 2001. Technical Manual Karnal Bunt. Compiled by the Division Plant Health Promotion, Directorate of Plant Health and Quality (DPHQ), Published in the Republic of South Africa by the Department of Agriculture. South Africa, pp. 4-5.
- EPPO/CABI. 1997. *Tilletia indica*. Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. Edited by Smith IM, McNamara DG, Scott PR, Holderness M. CABI International, Wallingford, UK. 1425 p.
- FAO. 2006. Determinación de la situación de una plaga en un área. Normas Internacionales Para Medidas Fitosanitarias n.º 8. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.
- Foster, R. L. and B. J. Goetes. 1996. Karnal Bunt. Cooperative Extension service. University of Idaho. CIS 1069. Disponible en:  
<http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS1067.pdf>
- Fuentes-Dávila, G. 1996. Common and dwarf bunt. In: Wilcoxon RD, Saari EE, eds. Bunt and Smut Diseases of Wheat: concepts and methods of disease resistance. Mexico City: CIMMYT. p 27–30.
- Rivera, C. E. y Vargas A. I. 2001. Control *in vitro* de *Tilletia indica* por Compuestos Aislados de *Larrea tridentata*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).
- Rodríguez V., J. 2000. Historia de la Fitosanidad en México siglo XX. SAGAR- UACH-CP. México. pp. 94-96.
- SIAFESON, 2009. Manejo Fitosanitario del trigo, “Carbón Parcial del trigo”. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora. En línea: [www.siafeson.com](http://www.siafeson.com). Consultado: 15 de Abril de 2010.
- SIAP. 2009. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Versión Electrónica. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=273](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=273). Consultado: 8 de Abril de 2010.