

**PLAN DE ACCIÓN PARA LA VIGILANCIA Y  
APLICACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL CONTRA  
*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99  
(Basidiomycota: Pucciniaceae)  
EN MÉXICO**

**DIRECCION GENERAL DE  
SANIDAD VEGETAL**

**CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA  
FITOSANITARIA**

***Grupo Especialista Fitosanitario***

# PLAN DE ACCION PARA LA VIGILANCIA Y APLICACION DE MEDIDAS DE CONTROL CONTRA *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 (Basidiomycota: Pucciniaceae) EN MÉXICO

## Autorizó:

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga  
Director General de Sanidad Vegetal

## Aprobó:

M.C. José Abel López Buenfil  
Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

## Supervisó:

Dr. Clemente de Jesús García Avila  
Coordinador del Grupo Especialista Fitosanitario

## Elaboró:

Dr. Andrés Quezada Salinas  
Grupo Especialista Fitosanitario

## Actualizó :

Grupo Especialista Fitosanitario

M.C. Isabel Ruiz Galván  
M.C. José Guadalupe Florencio Anastasio  
Dr. Guillermo Gomez Romero  
M.C. Jose Manuel Pineda Ríos  
M.C. Sergio Hernández Pablo  
Grupo Especialista Fitosanitario

## Diseño y edición:

Ing. José Alejandro Cotoc Roldán

Versión: 0.0  
Septiembre 2015

**RESUMEN EJECUTIVO**

La misión del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), es regular, administrar y fomentar las actividades de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria, reduciendo los riesgos inherentes en materia agrícola, pecuaria, acuícola y pesquera, en beneficio de los productores, consumidores e industria.

En este sentido, uno de los pilares del SENASICA es el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF), siendo una de sus líneas prioritarias, atender Plagas Cuarentenarias, cuya definición legal es: “Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial”.

En apoyo al CNRF, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF) lleva a cabo la vigilancia de plagas cuarentenarias, para monitorear la posible entrada de éstas. Para el presente año 2014, se priorizaron 29 plagas de importancia cuarentenaria, en la que se sitúa a la roya negra del tallo del trigo (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. & E. Henn. raza Ug99), plaga cuarentenaria no presente en México, que es una amenaza para los cultivos de trigo (*Triticum aestivum* L.), trigo duro (*T. durum*) y cebada (*Hordeum vulgare*), considerados los hospedantes primarios de la plaga y cultivos de gran importancia a nivel nacional.

El riesgo de plagas (para plagas cuarentenarias) se define legalmente como la probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y la magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas con ella; el riesgo de introducción se mantiene controlado o a nivel bajo con las medidas fitosanitarias apropiadas; pero es necesario un dispositivo para accionarlo ante cualquier situación de emergencia fitosanitaria.

Por lo anterior, de acuerdo a la Ley Federal de Sanidad Vegetal y el decreto de modificaciones de 2011, capítulo V, artículo 46 y 47, cuando se detecte la presencia de plagas que pongan en situación de emergencia fitosanitaria a una o varias especies vegetales, en todo o en parte del territorio nacional, la SAGARPA instrumentará las medidas necesarias de manera urgente y coordinada, para el control o erradicación de la plaga. De esta forma se plantea el siguiente **Plan de Acción para la Vigilancia y Aplicación de Medidas de Control contra *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en México**, en el que se presentan aspectos de información general, técnica y de manejo (delimitación, contención y erradicación) de la plaga.

**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

---

**CONTENIDO**

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS .....	5
2.1 De la actividad .....	5
2.2 Del Plan de Acción .....	6
3. BASE LEGAL .....	6
3.1 Ley .....	6
3.2 Decreto .....	6
3.3 Norma.....	6
4. DEFINICIONES .....	6
4.1 Aerobiología .....	6
4.2 Brote .....	6
4.3 Contención .....	6
4.4 Control Oficial .....	7
4.5 Delimitación .....	7
4.6 Dispersión.....	7
4.7 Dispositivo Nacional de Emergencia (DNE).....	7
4.8 Erradicación.....	7
4.9 Incidencia .....	7
4.10 Incursión .....	7
4.11 Infestación .....	7
4.12 Patógeno .....	7
4.13 Plaga cuarentenaria .....	7
4.14 Plaga Transitoria: accionable, en curso de erradicación .....	8
4.15 Severidad .....	8
4.16 Vigencia de brote activo o detección activa .....	8
4.17 Zona bajo control fitosanitario .....	8
5. PROCEDIMIENTO DE REACCIÓN.....	8
5.1 Detección inicial.....	8
5.2 De la Coordinación Operativa para la aplicación de las medidas fitosanitarias de control .....	8
5.3 Activación de la Aplicación de las Medidas Fitosanitarias de Control .....	9
6. PROCEDIMIENTO PARA LA DELIMITACIÓN .....	10
6.1 Delimitación del área .....	10
6.2 Muestreo para evaluar la incidencia y severidad, para aplicar las medidas de contención y erradicación en la zona delimitada.....	11
6.2.1 En la zona de eliminación y de seguridad.....	11

**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

---

6.2.2 En el Buffer 1 .....	12
6.2.3 En el buffer 2. ....	15
6.3 Zona de trapeo y vigilancia aerobiológica .....	17
6.4 Exploración en la Zona Epidemiológica .....	18
7. PROCEDIMIENTO PARA LA CONTENCIÓN .....	19
7.1 Eliminación de plantas con síntomas .....	19
7.2 Control químico .....	19
7.3 Control cultural .....	19
7.4 Medidas preventivas.....	19
8. PROCEDIMIENTOS CUARENTENARIOS.....	20
8.1 Nivel de riesgo.....	20
9. DECLARACIÓN DE LA ERRADICACIÓN. ....	20
10. LITERATURA CONSULTADA .....	21
11. ANEXOS.....	23
Anexo 1. Síntomas y signos de <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> raza Ug99 en trigo. ....	23
Anexo 2. Hospedantes primarios y alternos de <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> raza Ug99. ....	24
Anexo 3. Equipo de protección utilizado para el muestreo y aplicación de medidas de contención y erradicación de <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> raza Ug99.....	25
Anexo 4. Lista de materiales para la delimitación y contención de <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> raza Ug99 .....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

La roya del tallo o roya negra, causada por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Erikss. & Henning, es una de las enfermedades más devastadoras en trigo (*Triticum aestivum*) y trigo duro (*T. durum*). Las mayores pérdidas debidas a este patógeno ocurrieron antes del año 1960 en Europa, China, Australia y Norte de América. Para la década de los 90 s, la incidencia de la roya del tallo tuvo una dramática reducción, debido en gran parte al uso de genes de resistencia (Sr) en los cultivares, uno de los más importantes genes fue el Sr31 utilizado en la mayoría de los cultivares de trigo. Sin embargo, en 1999 se detectó el rompimiento de la resistencia para este gen en Uganda y la raza fue designada como Ug99.

En base a la nomenclatura de Estados Unidos se designó a este tipo de virulencia de la raza Ug99 como TTKS. Con la reciente identificación de nuevas variantes de TTKS, la raza original fue designada como TTKSK. Esta raza ha causado alarma debido a tres razones principales; la primera, su amplia virulencia para los genes Sr utilizados actualmente. Segundo, la raza TTKSK continua evolucionando, entre 2006 y 2007 se detectó en Kenia dos nuevas variantes, designadas como TTKST y TTTSK los cuales presentaron virulencia adicional a los genes *Sr24* y *Sr36*, respectivamente. La tercera razón se refiere su rápido movimiento ya que desde su detección en 1999 ha sido confirmada en ocho países más de África y Asia. Otros 26 países están en áreas de riesgo y entre ellos se encuentran aquellos con mayor producción como Australia, India y Pakistán.

Por lo anterior y debido a que en México el trigo representa el 21% del consumo de granos básicos, ubicado en el segundo lugar después del maíz, con 52 kg consumo per cápita por año y una superficie de siembra alrededor de 800 mil hectáreas, es importante mantener el estatus de Plaga Ausente, cuya definición es: No hay registros de la plaga (NIMF No. 8).

En este documento se describen las acciones a seguir ante un posible evento de la presencia de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en el territorio mexicano, considerando los recursos e insumos, para que en un plazo no mayor a 24 horas después de la confirmación de la detección del brote, se inicien las actividades de delimitación, contención y erradicación de esta plaga.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 De la actividad

- a) Delimitar, contener y erradicar los brotes de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.
- b) Confirmar la erradicación de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza UG99 después de aplicar las medidas de delimitación, contención y erradicación.

## **2.2 Del Plan de Acción**

- a) Establecer los procedimientos técnicos basados en sustento científico y legal para la ejecución del Plan de Acción de contra *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99, que establezcan la delimitación, contención y erradicación de esta plaga.
- b) Constituirse en una herramienta para accionar una respuesta inmediata en autoridades agrícolas y de fuerza pública de ámbito federal y estatal, así como las autoridades, personal técnico y operativo para implementar el Plan de Acción.

## **3. BASE LEGAL**

### **3.1 Ley**

Ley Federal de Sanidad Vegetal, Capítulo V: artículos 46 y 47, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1994.

### **3.2 Decreto**

Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de julio de 2007.

### **3.3 Norma**

Norma Oficial Mexicana **NOM-081-FITO-2001**, Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos, publicada en el Diario oficial de la federación el 18 de septiembre de 2002.

## **4. DEFINICIONES**

### **4.1 Aerobiología**

Es el estudio de las fuentes, la dispersión y los efectos de los materiales biológicos presentes en el aire, como polen, esporas y microorganismos.

### **4.2 Brote**

Población de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 detectada recientemente, incluida una incursión o aumento súbito importante de su población establecida en un área.

### **4.3 Contención**

Aplicación de medidas fitosanitarias dentro de un área previamente delimitada y alrededor de ella para prevenir la dispersión de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

#### **4.4 Control Oficial**

Observancia activa de la reglamentación fitosanitaria y aplicación de los procedimientos fitosanitarios obligatorios, con el propósito de erradicar o contener las plagas cuarentenarias o manejar las plagas no cuarentenarias reglamentadas.

#### **4.5 Delimitación**

Conjunto de herramientas de muestreo para conocer la dispersión de un brote o de una incursión de una plaga en un área.

#### **4.6 Dispersión**

Expansión de la distribución geográfica de una plaga dentro de un área (anteriormente diseminación).

#### **4.7 Dispositivo Nacional de Emergencia (DNE)**

Aplicación urgente y coordinada de las medidas fitosanitarias necesarias para erradicar a una o varias plagas de interés nacional.

#### **4.8 Erradicación**

Aplicación de medidas fitosanitarias para eliminar una plaga de un área previamente delimitada, para lo cual se deberá considerar el diagnóstico para determinar la ausencia de la plaga en el hospedante.

#### **4.9 Incidencia**

Es la proporción (o porcentaje) de plantas (o unidades de la planta, hojas, ramas, frutos, etc.) enfermas respecto del total evaluado.

#### **4.10 Incursión**

Población aislada de una plaga detectada recientemente en un área que se desconoce si está establecida y la cual se espera que sobreviva en un futuro inmediato.

#### **4.11 Infestación**

Presencia de una plaga viva en un producto básico, la cual constituye una plaga de la planta o producto vegetal de interés. La infestación también incluye infección.

#### **4.12 Patógeno**

Entidad que causa enfermedad.

#### **4.13 Plaga cuarentenaria**

Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial.

#### **4.14 Plaga Transitoria: accionable, en curso de erradicación**

La plaga ha sido detectada como población aislada que podría sobrevivir en el futuro inmediato y, sin medidas fitosanitarias para su erradicación, podría establecerse.

#### **4.15 Severidad**

Es el área (relativa o absoluta) de la unidad muestreada (hojas, frutos, etc.) que muestra síntomas de la enfermedad. Con frecuencia se expresa como porcentaje o proporción.

#### **4.16 Vigencia de brote activo o detección activa**

Se considera activo si la detección de la incursión o brote es continua en más de un ciclo de cultivo, o si el diagnóstico de hospedantes resulta positivo en una misma área.

#### **4.17 Zona bajo control fitosanitario**

Área agroecológica determinada en la que se aplican medidas fitosanitarias a fin de controlar, combatir, erradicar o disminuir la incidencia o presencia de una plaga, en un periodo y para una especie vegetal específicos.

## **5. PROCEDIMIENTO DE REACCIÓN**

### **5.1 Detección inicial**

El encargado de revisión de parcelas centinelas en cada ruta de vigilancia y área de exploración, que detecte síntomas y signos de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en plantas de trigo (Anexo 1), deberá tomar la muestra correspondiente y entregarla al Coordinador Estatal de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, quién a su vez deberá enviar la muestra al Laboratorio de Micología del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF) para la identificación. Los coordinadores nacionales del SINAVEF decidirán de acuerdo a la incidencia y severidad si se trata de un brote o una incursión, de acuerdo a lo establecido en los apartados 4.2 y 4.10.

Junto con las muestras, el encargado de la revisión entregará por escrito la siguiente información: número aproximado de plantas con presencia de signos o síntomas de la enfermedad, parte de la planta con mayor presencia de signos o síntomas (referida con respecto al suelo: parte baja, media o alta), ubicación de las plantas infectadas dentro del terreno y procedencia de la semilla sembrada.

### **5.2 De la Coordinación Operativa para la aplicación de las medidas fitosanitarias de control**

Confirmado el diagnóstico positivo para *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 por el CNRF, el personal técnico de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) encargado del programa se trasladará al lugar donde tuvo lugar la detección, para reunirse con personal del Gobierno Estatal, Comité Estatal de Sanidad Vegetal, Delegación Estatal de la SAGARPA, así como otras dependencias oficiales y de investigación nacionales, con el propósito de establecer la coordinación operativa del Plan de Acción.

### **5.3 Activación de la Aplicación de las Medidas Fitosanitarias de Control**

La DGSV notificará a la correspondiente Delegación Estatal de la SAGARPA la instrumentación del Plan de Acción. Se indicarán los lineamientos específicos para la aplicación inmediata de las medidas fitosanitarias por parte de una brigada de emergencia de la Dirección de Protección Fitosanitaria de la DGSV, para lo cual se le solicitará que se le brinde todo el apoyo necesario para cumplir con la misión encomendada. Posteriormente, se dará a conocer al público en general mediante un oficio circular y la publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Para la instrumentación del Plan de Acción contra *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99, se deben considerar los siguientes puntos:

- a) El área geográfica donde se aplicarán las medidas de control, indicando los nombres de municipios, localidades o áreas bajo cuarentena. Se determinará como área cuarentenada únicamente a aquella que abarque la zona de delimitación de la plaga, así como donde se detecten nuevos focos de infección de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.
- b) Una lista con los nombres comunes y científicos de los hospedantes primarios y alternos de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 (Anexo 2), ubicados en el área cuarentenada que serán sujetos a restricciones de movilización.
- c) Los requisitos fitosanitarios para movilizar grano o material vegetal sujetos a regulación.
- d) La ubicación de los Puntos de Verificación Interna (PVI), con la finalidad de que con su participación en este dispositivo se confine y evite la dispersión de la plaga.
- e) El programa de divulgación, difusión y relaciones públicas a aplicar.
- f) Las medidas fitosanitarias que se deben aplicar.
- g) Las dependencias y/o instituciones con las que se requiere establecer la coordinación operativa del Plan de Acción.
- h) Una lista de las actividades culturales realizadas al cultivo.
- i) Registros de velocidad y dirección del viento a partir del inicio del ciclo del cultivo.
- j) Registros de temperatura y humedad relativa a partir del inicio del ciclo del cultivo.

La SAGARPA a través de la DGSV, es la responsable de instrumentar el Plan de Acción, en cualquier parte del territorio nacional, para lo que integrará una brigada de emergencia, la cual se desplazará a la región en la que se haya detectado la enfermedad.

La brigada de emergencia estará integrada por un Coordinador general, un responsable de detección, delimitación y contención, un responsable de muestreo, recolectores de muestras de tejido vegetal, un responsable de control cultural, un responsable de difusión, un responsable de informática y procesamiento de datos, un responsable de control químico y un responsable de regulación cuarentenaria. La integración de esta brigada debe estar en función del número de detecciones positivas.

## 6. PROCEDIMIENTO PARA LA DELIMITACIÓN

La delimitación, a partir del foco de infección estará referenciada por la identificación de plantas con presencia de signos y síntomas de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 (Anexo 1). A partir de esto se procederá a delimitar la zona con presencia mediante el muestreo de plantas en campo.

En primera instancia se establecerá la condición como plaga transitoria accionable en curso de erradicación, mediante una resolución por parte de la DGSV y se declarará Zona Bajo Control Fitosanitario (ZBCF), conforme a la atribución de la Secretaría en materia de sanidad vegetal especificada en la fracción XX del artículo 7, de la Ley Federal de Sanidad Vegetal (2011) y sobre el soporte de evidencia técnica de la presencia de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

### 6.1 Delimitación del área

Ubicación geográfica y cartográfica de la detección del brote o de la incursión. Con apoyo de un GPS, se ubica en el mapa con divisiones cartográficas internacionales a escala de 1:50 000 y sobre este se trazan cuadrantes a partir del punto de detección a distancias de 10 m que es la Zona de Eliminación, 100 m la Zona de Seguridad, a 300 m el Buffer 1, a 500 m el Buffer 2 y a 1000 m la Zona de Trampeo y Vigilancia Aerobiológica, esto debido a que el principal medio de dispersión de urediniosporas es por viento y prácticas agronómicas, este radio de delimitación cubre una superficie de 400 ha o 4 km<sup>2</sup>, sin importar las divisiones territoriales (Figura 1).



**Figura 1.** Delimitación de una detección positiva de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada. Cuadrantes a 10 (■), 100 (■), 300 (■), 500 (■) y 1000 m (■) a partir del punto de detección.

Debido a la gran cantidad de inoculo que produce este patógeno (hasta 10,000 urediniosporas por pústula por día), por su alto grado de dispersión y transporte a largas distancias, y a su habilidad de permanecer viable después de su dispersión, se denominara como Zona Epidemiológica a la región donde se presente un foco de infección capaz de dar origen a una epidemia y que promueva una infección primaria con libre movimiento e intercambio de inoculo entre la zona. La Zona Epidemiológica estará delimitada por barreras naturales como montañas, desiertos, zonas de producción (Figura 2).



**Figura 2.** Delimitación de una Zona Epidemiológica tomando como referencia un foco de infección positivo de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

## **6.2 Muestreo para evaluar la incidencia y severidad, para aplicar las medidas de contención y erradicación en la zona delimitada**

Una vez establecida la ubicación exacta del foco de infección, además de haber trazado los cuadrantes correspondientes, se procede a realizar el muestreo y evitar cualquier tipo de prácticas culturales.

Se establecerán dos rutas de muestreo, una en la zona delimitada y otra en la Zona Epidemiológica. El equipo y herramientas utilizadas en los recorridos y toma de muestras, se manejará de la siguiente forma:

- a) Eliminar todas las partículas de suelo y residuos de plantas de las herramientas antes de ser utilizados en las diferentes zonas de muestreo.
- b) Realizar un lavado con agua a presión de los vehículos utilizados.
- c) Sumergir las herramientas utilizadas para la toma de muestra en una solución desinfectante (hipoclorito de sodio al 5% durante 3 minutos).
- d) El personal encargado de realizar las actividades utilizaran equipos de protección (Anexo 3). El cual desecharán al pasar de una zona a otra.

### **6.2.1 En la zona de eliminación y de seguridad**

En la zona de eliminación no se realizará muestreo. En la zona de seguridad se determinara el porcentaje de incidencia con el objetivo de conocer si ya se ha dispersado el inoculo a partir del foco de infección.

La forma de realizar la inspección y muestreo en la zona de seguridad consistirá en la ubicación de personal en los cuatro puntos cardinales de la periferia de la zona, dicho personal avanzará hacia el punto de detección en línea recta (Figura 3). Durante el recorrido se ubicarán transectos a cada 10 metros, cada transecto tendrá una longitud de 3 metros lineales en donde se revisaran todas las plantas comprendidas en esa distancia, en caso de encontrar plantas con síntomas de la enfermedad se tomará una muestra de 5 plantas por transecto. Las muestras serán enviadas al Laboratorio de Micología del CNRF para confirmar la identidad del patógeno.

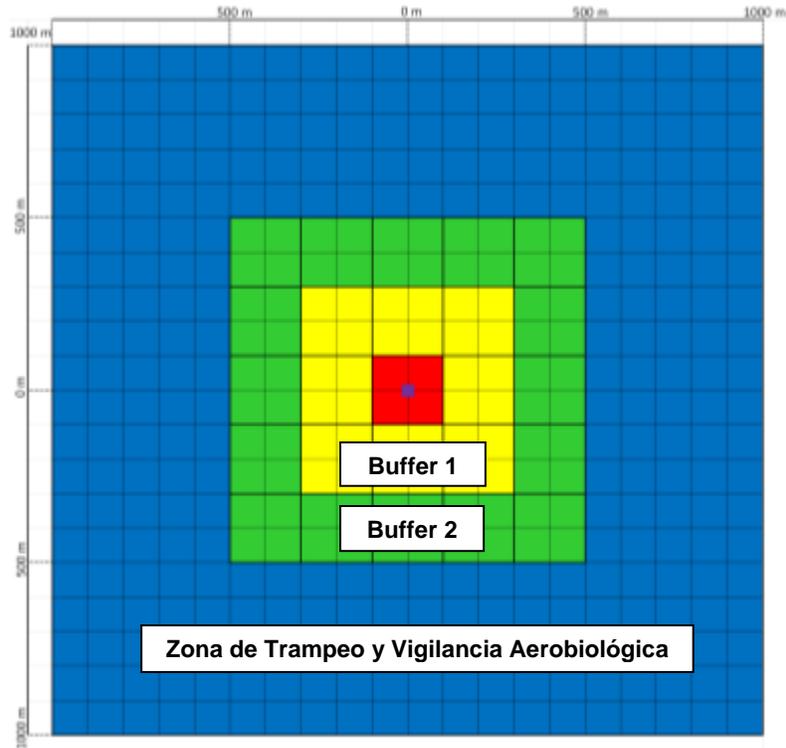


**Figura 3.** Ubicación y dirección para la inspección y toma de muestras dentro de la Zona de Seguridad con referencia al foco de infección positivo de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

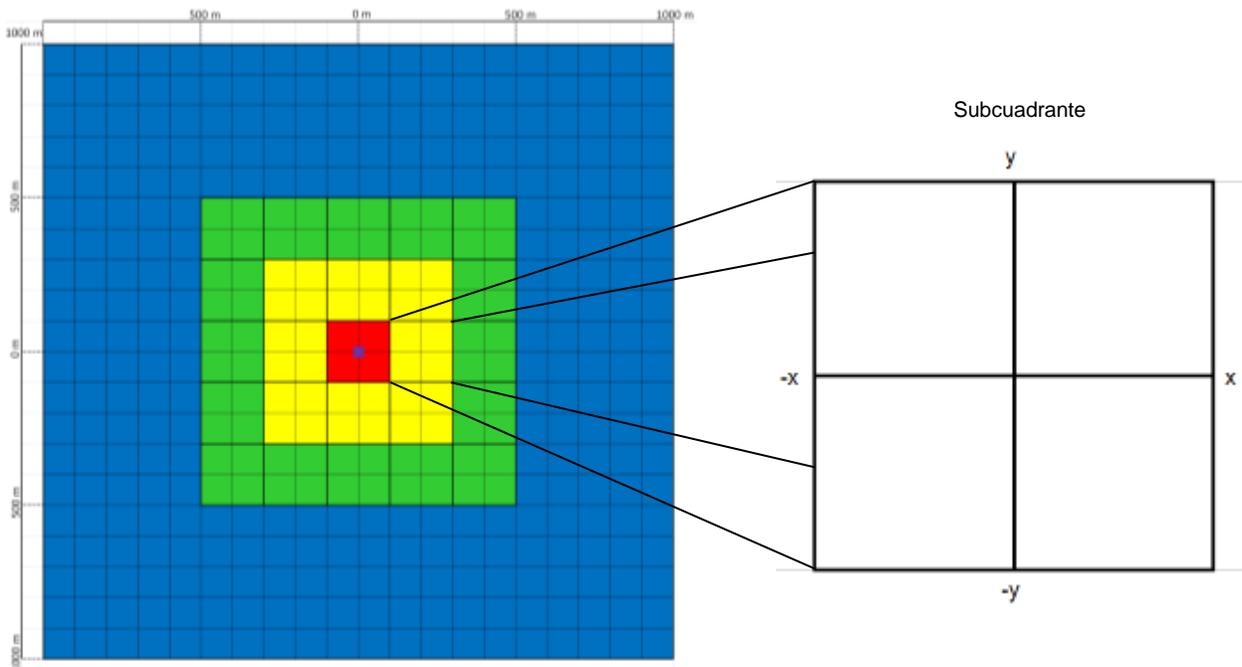
Lo anterior se determinó debido a que se ha reportado que la mayor cantidad de urediniosporas se deposita en los primeros 10 m, el 90 % se deposita dentro de los 100 m y únicamente el 10 % se escapa más allá de esta última distancia.

### 6.2.2 En el Buffer 1

Esta zona se dividirá en subcuadrantes de 4 hectáreas, teniendo en total 8 subcuadrantes (Figura 4), en cada subcuadrante se trazaran ejes cartesianos (x, y) teniendo como origen el centro del subcuadrante (Figura 5). Estos ejes se usarán para determinar la posición de transectos, para localizar la posición inicial de cada transecto valores al azar en el eje y serán generados usando el programa Minitab15. Cada valor del eje y será pareado con un valor en el eje x previamente determinado (Cuadro 1). El número de transectos por cada subcuadrante será de 28.



**Figura 4.** Delimitación de cuadrantes y subcuadrantes a partir de una detección positiva de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada. A partir del punto de detección a 10 m (□) Zona de Eliminación, a 100 m (□) Zona de Seguridad, a 300 m (□) Buffer 1, a 500 m (□) Buffer 2 y 1000 m (□) Zona de Trampeo y Vigilancia Aerobiológica.



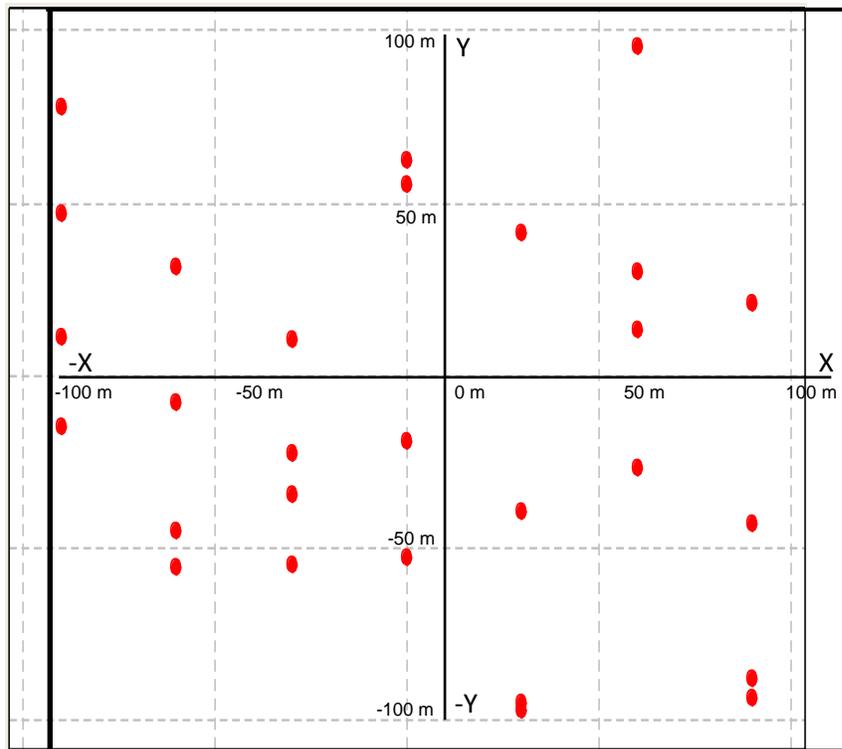
**Figura 5.** Delimitación de subcuadrantes y trazado de coordenadas x y y en el Buffer 1 para el muestreo de plantas y detección de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada.

**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

El origen de cada transecto será localizado en el área comprendida por el subcuadrante mediante las coordenadas x y y (Figura 6); asimismo, será georeferenciado en coordenadas decimales. Los transectos identificados con números pares serán muestreados en dirección de sur-norte y aquellos identificados con números impares serán muestreados en dirección este-oeste. Cada transecto tendrá una distancia de 3 m y todas las plantas comprendidas en esa distancia serán inspeccionadas para la búsqueda de síntomas y signos de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99. Plantas sospechosas serán colocadas en bolsas de polietileno para su identificación en laboratorio, estas serán transportadas en recipientes con hielo, cada muestra será etiquetada.

**Cuadro 1.** Número de transecto y su ubicación en coordenadas x y y usadas para el muestreo en campo de cada subcuadrante en el Buffer 1. Valores predeterminados de x fueron pareados con valores aleatorios de y para obtener el punto de inicio de cada transecto.

Número de transecto	Coordenadas en el eje x (m)	Coordenadas en el eje y (m)
1	0	55
2	0	62
3	0	-19
4	0	-53
5	30	-40
6	30	-95
7	30	-97
8	30	41
9	-30	10
10	-30	-23
11	-30	-35
12	-30	-55
13	60	-27
14	60	13
15	60	30
16	60	95
17	-60	31
18	-60	-45
19	-60	-56
20	-60	-8
21	90	-88
22	90	-94
23	90	21
24	90	-43
25	-90	-15
26	-90	11
27	-90	78
28	-90	47



**Figura 6.** Ubicación de los transectos en coordenadas x y en un subcuadrante correspondiente al Buffer 1 para el muestreo de plantas y detección de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada.

### 6.2.3 En el buffer 2.

Esta zona se dividirá en subcuadrantes de 4 hectáreas, teniendo en total 16 subcuadrantes (Figura 4). La metodología para el muestreo será igual a la propuesta para el buffer 1, solo que para este caso únicamente se considerarán 15 transectos por cada subcuadrante (Cuadro 2).

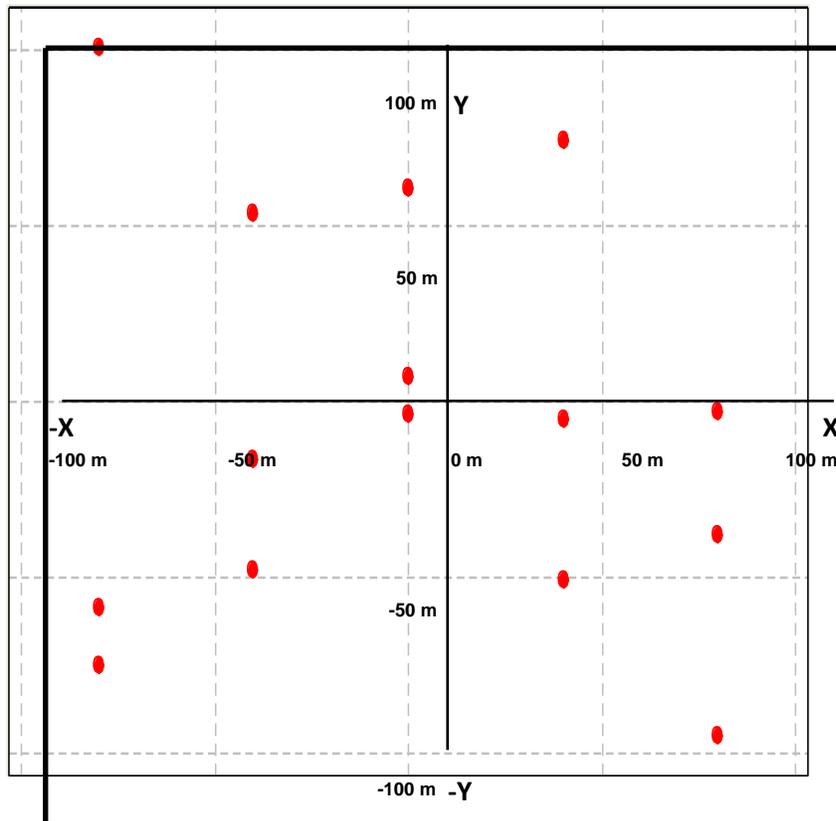
**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

---

**Cuadro 2.** Número de transecto y su ubicación en coordenadas x y y usadas para el muestreo en campo de cada subcuadrante en el Buffer 2. Valores predeterminados de x fueron pareados con valores aleatorios de y para obtener el punto de inicio de cada transecto.

Número de transecto	Coordenadas en el eje x (m)	Coordenadas en el eje y (m)
1	0	60
2	0	7
3	0	-4
4	40	-5
5	40	-51
6	40	74
7	-40	53
8	-40	-17
9	-40	-48
10	80	-3
11	80	-95
12	80	-38
13	-80	100
14	-80	-59
15	-80	-75

El origen de cada transecto será localizado en el área comprendida por el subcuadrante mediante las coordenadas x y y (Figura 7); asimismo, será georeferenciado en coordenadas decimales. Para la toma de muestras y envío de las mismas, se aplicará la misma metodología propuesta para el Buffer 1.



**Figura 7.** Ubicación de los transectos en coordenadas x y en un subcuadrante correspondiente al Buffer 2 para el muestreo de plantas y detección de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada.

Los muestreos en ambas zonas se realizarán cada 10 días, en cada muestreo se generarán nuevos valores para las coordenadas en el eje y. El personal encargado de realizar el muestreo deberá portar el traje de protección como se muestra en el Anexo 3.

### 6.3 Zona de trapeo y vigilancia aerobiológica

Esta zona se dividirá en áreas de 25 ha, en cada una de estas áreas la metodología de muestreo será de cinco de oros. En cada predio de 25 ha se inspeccionarán de manera minuciosa 100 plantas por punto en busca de síntomas sospechosos. En cada fecha de muestreo se rotarán los puntos de muestreo.

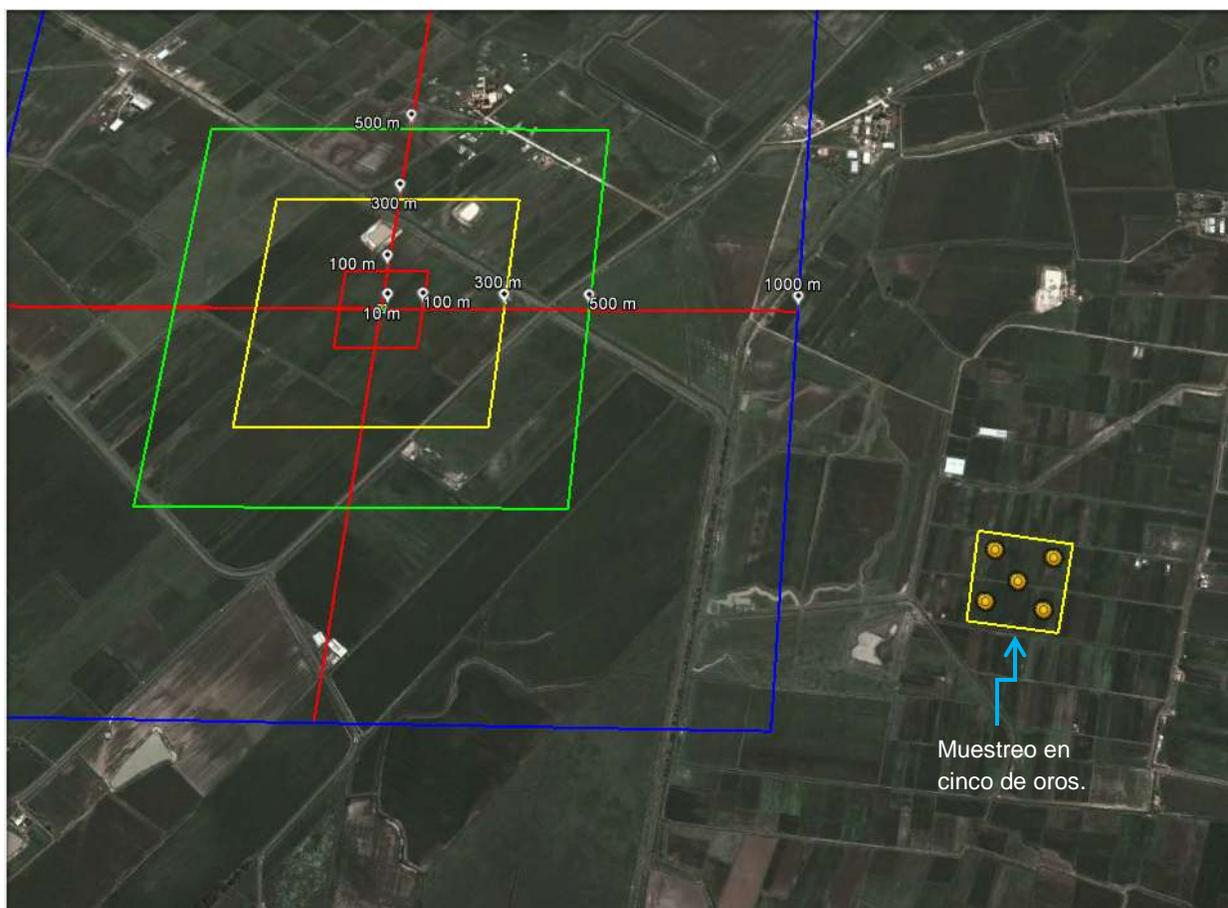
Así también, debido a que la principal vía de dispersión de las urediniosporas de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 es mediante las corrientes del viento y con el objetivo de detectar de manera temprana y oportuna la posible dispersión de Ug99 fuera del área de delimitación. Se establecerá una red de trapeo aerobiológico a una distancia de 1000 m a partir del punto de detección, las trampas se colocarán en los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este, oeste) y en los cuatro puntos del horizonte (noreste, noroeste, sureste, suroeste).

Para el monitoreo de urediniosporas se implementará el uso de muestreadores de aire. Para la captura de urediniosporas se utilizarán trampas para esporas tipo Hirst (TEH) (Burkard Manufacturing Co Ltd, UK). Se colocará una trampa tipo Hirst por cada punto cardinal y del horizonte. Las trampas serán revisadas semanalmente hasta el término del ciclo de cultivo. Para hacer los recuentos de esporas capturadas con la trampa Burkard, las cintas obtenidas cada semana serán divididas en 7 secciones y colocadas sobre portaobjetos con una solución de lactofenol, para luego subdividir cada sección en 24 h, de tal forma que al hacer los recuentos se obtendrá el total de esporas capturadas por hora. Los recuentos de esporas se transformaran a esporas por litro de aire absorbido por hora.

Es importante portar equipo de protección y tomar las medidas fitosanitarias necesarias para evitar que el personal técnico encargado de realizar los muestreos se convierta en una vía de diseminación.

#### **6.4 Exploración en la Zona Epidemiológica**

La superficie comprendida en esta zona será dividida en áreas de 25 ha, en cada una de estas áreas la metodología de búsqueda será de cinco deoros (Figura 8). En cada predio de 25 ha se inspeccionarán de manera minuciosa 50 plantas por punto en busca de síntomas sospechosos. Se dará preferencia a aquellos predios que se encuentren dentro de las corrientes de viento provenientes del foco de infección.



**Figura 8.** Muestreo en cinco deoros en áreas no mayores a 25 hectáreas en la Zona Epidemiológica para la detección de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en una región determinada.

## **7. PROCEDIMIENTO PARA LA CONTENCIÓN**

Una vez que el brote ha sido confirmado, y delimitado, se deben iniciar las medidas fitosanitarias enfocadas a la contención.

### **7.1 Eliminación de plantas con síntomas**

En la zona de eliminación que comprende 400 m<sup>2</sup>, se eliminarán todas las plantas de trigo u otro hospedante de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99. Para esto se realizará la aplicación de un herbicida para hoja angosta el cual puede ser Glifosato a dosis de 2 L/ha, Paraquat a dosis de 1.5 L/ha. Tres días después de la aplicación del herbicida, se quemaran en campo todas las plantas presentes en el área de 400 m<sup>2</sup>.

### **7.2 Control químico**

El control químico en la Zona de Seguridad se iniciará inmediatamente después de haberse realizado el diagnóstico positivo de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99. En total se realizarán tres aplicaciones de fungicidas, con un período de separación de siete días entre cada una de ellas. Se utilizarán los fungicidas Tebuconazole, Azoxystrobin+cyproconazole y Tebuconazole, para la primera, segunda y tercera aplicación, respectivamente. La dosis de aplicación será 1 L/ha para los tres productos. La efectividad de estos productos deberá evaluarse mediante los porcentajes de incidencia y severidad obtenida de cada uno de los muestreos realizados. La efectividad de un fungicida será positiva cuando después de una aplicación no se observen incidencias mayores al 1%. En caso de detectar plantas infectadas en la zona del Buffer 1, Buffer 2 y de Trampeo y Vigilancia Aerobiológica (derivado de los muestreos realizados) la aplicación de fungicidas se extenderá a estas zonas.

### **7.3 Control cultural**

Las urediniosporas de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 son esporas que no presenta un estado de dormancia, estas únicamente permanecen en reposo en ausencia de las condiciones favorables para la germinación y pueden sobrevivir sobre residuos de cosecha, en plantas voluntarias de trigo y en pastos susceptibles.

En caso de detectar hospedantes alternos, estos se eliminarán para evitar que las basidiosporas germinen

### **7.4 Medidas preventivas.**

- Después de haberse detectado el positivo, no se realizaran labores culturales dentro del área delimitada, asimismo en zonas con riego se evitará hasta donde sea posible la aplicación del mismo.
- Esto para evitar un incremento en la humedad y con ello afectar la germinación de urediniosporas.

- Se debe desinfectar todo el material y maquinaria usada dentro del área delimitada.
- Evitar la entrada de personal no autorizado al área delimitada.
- Evitar la entrada de animales al área delimitada.
- Todo el personal con acceso deberá portar equipo de protección, el cual desechará al finalizar sus actividades.
- Se evitará la movilización de grano del área delimitada con cualquier destino o propósito, a menos que personal oficial con base en los resultados de muestreos previos verifique que el producto se encuentra libre de *P. graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

## **8. PROCEDIMIENTOS CUARENTENARIOS**

### **8.1 Nivel de riesgo.**

Cuando se detecte un foco de la enfermedad, confirmada oficialmente vía diagnóstico, se declarará toda la zona delimitada bajo cuarentena fitosanitaria.

De acuerdo con el artículo 23 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, los transportistas, automovilistas y pasajeros que transiten y provengan de la zona bajo cuarentena fitosanitaria, deberán permitir la inspección de los vehículos, equipajes, bolsas o paquetes, otorgando toda clase de facilidades al personal oficial de la SAGARPA, personal técnico de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal y del gobierno de los estados adscritos a los Puntos de Verificación Interna (PVI) o casetas que se establezcan para hacer cumplir este ordenamiento. En estos puntos se realizarán las siguientes actividades: Verificar que al movilizar un producto o subproducto hospedante de la enfermedad y que provenga de una zona con presencia de la misma, cumpla con toda la documentación requerida para su movilización; verificar que el CFMN sea auténtico y cubra la cantidad declarada a movilizar del producto o subproducto; el personal de los PVI llevará un registro las movilizaciones comerciales que transiten por el PVI, así como las acciones legales que se hayan implementado cuando no se cumpla con este ordenamiento.

Cada foco de infección fuera del área delimitada, será tratado como un foco nuevo y deberá ser delimitado de la misma manera.

## **9. DECLARACIÓN DE LA ERRADICACIÓN.**

Una vez que se ha determinado la ausencia de hospedantes infectados con *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99, mediante el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y la Dirección de Protección Fitosanitaria; la Dirección de Regulación Fitosanitaria realizará los trámites correspondientes para que se publique en el Diario Oficial de la Federación la declaratoria de erradicación de dicha plaga.

**10. LITERATURA CONSULTADA**

- Abbasi, M., Goodwin, S.B., and Scholler, M. 2005.** Taxonomy, phylogeny, and distribution of *Puccinia graminis*, the black stem rust: new insights based on rDNA sequence data. *Mycoscience* 46:241-247.
- Admassu, B., Lind, V., Friedt, W., and Ordon, F. 2009.** Virulence analysis of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* populations in Ethiopia with special consideration of Ug99. *Plant Pathology* 58:362-369.
- Chakraborty, S., Luck, J., Hollaway, G., Fitzgerald, G., and White, N. 2011.** Rust-proofing wheat for a changing climate. *Euphytica* 179:19-32.
- Daamen, R.A., Stubbs, R.W., and Stol, W. 1992.** Surveys of cereal diseases and pests in the Netherlands. 4. Occurrence of powdery mildew and rusts in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 98:301-312.
- Fehser, S., Beike, U., Stoveken, J., Pretorius, Z.A., Van Der Westhuizen, A.J., and Moerschbacher, B.M. 2010.** Histological and initial molecular analysis of Ug99, the Sr31-breaking race of the wheat stem rust fungus. *Journal of Plant Pathology* 92(3):709-720.
- Griffin, D.W., Garrison, V.H., Herman, J.R., and Shinn, E.A. 2001.** African desert dust in the Caribbean atmosphere: Microbiology and public health. *Aerobiologia* 17:203-213.
- Hirst, J.M., Stedman, O.J., and Hogg, W.H. 1967.** Long-distance spore transport: Methods of measurement, vertical spore profiles and the detection of immigrant spores. *J. Gen. Microbiol.* 48:329-355.
- Hodson, D.P. 2010.** Wheat rust: A growing threat to world food security. In: *Food Outlook, Global Market Analysis, Special features* (pp. 61–63). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Hodson, D.P., Singh, R.P., and Dixon, J.M. 2005.** An initial assessment of the potential impact of stem rust (race Ug99) on wheat producing regions of Africa and Asia using GIS. In: *Abstracts of the 7th International Wheat Conference, Mar del Plata, Argentina.* 142 p.
- Hovmoller, M.S., and Henriksen, K.E. 2008.** Application of pathogen surveys, disease nurseries and varietal resistance characteristics in an IPM approach for the control of wheat yellow rust. *European Journal of Plant Pathology* 121:377-385.
- Jin, Y., Szabo, L.J., Pretorius, Z.A., Singh, R.P., Ward, R., and Fetch, T. 2008.** Detection of virulence to esistance gene *Sr24* within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease* 92:923-926.
- Jin, Y., Singh, R.P., Ward, R.W., Wanyera, R., Kinyua, M., Njau, P., Fetch, T., Pretorius, Z.A., and Yahyaoui, A. 2007.** Characterization of seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic *Sr* gene lines to race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease* 91:1096-1099.
- Leonard, K.J., and Szabo, L.J. 2005.** Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Molecular Plant Pathology* 6:99-111.
- Nagarajan, S., Singh, H., Joshi, L.M., and Saari, E.E. 1977.** Prediction of *Puccinia graminis* f. sp. *Tritici* on wheain India by trapping the uredospores in rain samples. *Phytoparasitica* 5(2):104-108.
- Park, R., Fetch, T., Hodson, D., Jin, Y., Nazari, K., Prashar, M., and Pretorius, Z. 2011.** International surveillance of wheat rust pathogens: progress and challenges. *Euphytica* 179:109-117.
- Pretorius, Z.A., Singh, R.P., Wagoire, W.W., and Payne, T.S. 2000.** Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda. *Plant Disease* 84:203.
- Roelfs, A.P., and Martens, J.W. 1988.** An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 78:526-533.
- Roelfs, A.P., and Bushnell, W.R. 1985.** The cereal rust. Volumen II: Diseases, distribution, epidemiology, and control. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. United States of America.

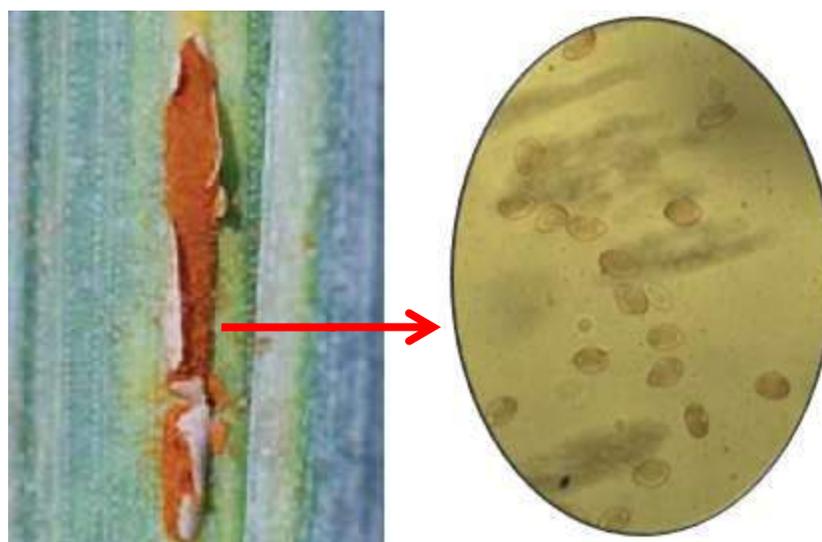
- Roelfs, A.P., and Martell, L.B. 1984.** Uredospore dispersal from a point source within a wheat canopy. *Phytopathology* 74:1262-1267.
- Roelfs, A.P. 1972.** Gradients in horizontal dispersal of cereal rust uredospores. *Phytopathology* 62:70-76.
- Shamanin, V.P., Morgunov, A.I., Manes, J., Zelenskii, Y., Chursin, A.S., and Levshunov, M.A. 2011.** Breeding of spring common wheat for resistance to local populations and the virulent race Ug99 of stem rust in West Siberia. *Russian Journal of Genetics: Applied Research* 1:38-43.
- Shaner, G., and Powelson, R.L. 1973.** The oversummering and dispersal of inoculum of *Puccinia striiformis* in Oregon. *Phytopathology* 63:13-17.
- Sibikeev, S.N., Markelova, T.S., Druzhin, A.E., Vedeneeva, M.L., and Singh, D. 2011.** Evaluation of a set of introgressive spring bread wheat lines developed for resistance to stem rust race Ug99+Sr24 (TTKST) at the Southeast Agricultural Research Institute. *Russian Agricultural Sciences* 37(2):95-97.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Jin, Y., Huerta-Espino, J., Kinyua, M.G., Wanyera, R., Njau, P., and Ward, R. 2006.** Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Res.* 54:1-13.
- Soares-Chaves, M., Martinelli, J.A., Wesp-Guterres, C., Sganzerla-Graichen, F.A., Patussi-Brammer, S., Mansur-Scagliusi, S., Da Silva, P.R., Wiethölter, P., Montan-Torres, G.A., Yamazaki-Lau, E., Consoli, L., and Soares-Chaves, A.L. 2013.** The importance for food security of maintaining rust resistance in wheat. *Food Security*.
- Visser, B., Park, R.F., Herselman, L., Bender, C.M., Karaoglu, H., and Pretorius, Z.A. 2011.** Characterization of two new *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* races within the Ug99 lineage in South Africa. *Euphytica* 179:119-127.
- Wanyera, R., Kinyua, M.G., Jin, Y., and Singh, R.P. 2006.** The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, with virulence on *Sr31* in wheat in eastern Africa. *Plant Disease* 90:113.
- Xu, S.S., Jin, Y., Klindworth, D.L., Wang, R.C., and Cai, X. 2009.** Evaluation and Characterization of Seedling Resistances to Stem Rust Ug99 Races in Wheat-Alien Species Derivatives. *Crop Science*. 49:2167-2175.

11. ANEXOS

Anexo 1. Síntomas y signos de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99 en trigo.



**Figura 9.** Pústulas (uredias) de color naranja en el tallo.  
Foto: USDA-ARS, Cereal Disease Laboratory, St. Paul, MN



Pústulas (uredias) en tallo.

Urediniosporas observadas al microscopio.

Foto: USDA, 2010.

Anexo 2. Hospedantes primarios y alternos de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99.

a) Hospedantes Primarios:

- Trigo (*Triticum aestivum* L.)
- Trigo duro (*T. durum*)
- Cebada (*Hordeum vulgare* L.)



Trigo



Cebada

b) Hospedantes alternos:

- Berberis
- Mahonia
- Mahoberberis



Berberis



Mahonia



Mahoberberis

**Anexo 3. Equipo de protección utilizado para el muestreo y aplicación de medidas de contención y erradicación de *Puccinia graminis* f. sp. tritici raza Ug99 en trigo.**

El equipo incluye overol, guantes y botas de plástico desechables y bolsas para cubrir equipo adicional.



**Anexo 4. Lista de materiales para la delimitación y contención de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* raza Ug99**

- a) Vehículos
- b) Serruchos, navajas y tijeras de podar
- c) Mapa topográfico de la región escala 1:50 000.
- d) Bolsas de polietileno de 1 kg de capacidad
- f) Guantes de polietileno
- g) Hieleras
- h) Marcadores indelebles
- i) Lápices
- j) Mochilas aspersoras
- k) Lupa de mano 10X o superior.
- l) GPS.
- m) Cloro común al 5% (Hipoclorito de sodio) o Alcohol al 70% de concentración para desinfectar.
- n) Etiquetas de identificación.
- o) Tabla de campo con formatos para registro de hospedantes.
- p) Carpeta con croquis de ubicación lotes
- q) PC para captura y graficado de datos
- r) Cámara fotográfica

# ***DIRECTORIO***

Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural  
Pesca y Alimentación

*M.C. José Eduardo Calzada Roviroso*

Director en Jefe del Servicio Nacional  
de Sanidad, Inocuidad y Calidad

Agroalimentaria

*MVZ. Enrique Sánchez Cruz*

Director General de Sanidad vegetal

*Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga*

Director del Centro Nacional de Referencia

Fitosanitaria

*M.C. José Abel López Buenfil*