



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL

**ESTRATEGIA OPERATIVA DEL MANEJO FITOSANITARIO
DEL CULTIVO DE MAÍZ EN APOYO A LA PRODUCCIÓN
PARA EL BIENESTAR**

ENERO 2020

1. Descripción general.

La siembra del cultivo del maíz en México, es importante, ya que forma parte de la alimentación básica de los mexicanos. De acuerdo a la información estadística del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018), a nivel nacional se tuvieron establecidas 7,366,967 hectáreas, distribuidas en las 32 entidades federativas del país, con una producción de 27,169,400 toneladas, lo que representa un valor de \$104,861,749,000 y un rendimiento promedio de 3.81 toneladas/hectárea.

En México las principales plagas que provocan daños en el cultivo del maíz son las que afectan al follaje como, gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gusano soldado (*Mythimna unipuncta* y *Spodoptera exigua*), barrenador del tallo (*Diatraea grandiosella*), y chapulín (*Melanoplus* spp., *Sphenarium* spp., *Brachystola* sp. y *Taeniopoda* sp.). Las que dañan a la raíz como, gallina ciega (*Phyllophaga* sp. y *Cyclocephala* spp), gusano de alambre (*Agriotes* spp.) y gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*). La rata de campo (*Sigmodon mascotensis*, *Mus musculus*). Finalmente las enfermedades como, el carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) y secadera de raíz (*Fusarium* sp).

Por lo anterior, el Senasica, a través del Programa Apoyo a la Producción para el Bienestar, implementará acciones para la atención de los problemas fitosanitarios referidos en las zonas prioritarias con producción de maíz.

2. Objetivos del manejo fitosanitario.

- a) Detectar oportunamente las plagas de importancia económica del maíz para emitir las alertas fitosanitarias correspondientes e informar a los productores para promover las acciones de manejo.
- b) Coadyuvar en la protección fitosanitaria del cultivo de maíz, mediante la aplicación de medidas fitosanitarias, enfocadas a la prevención y control de focos de infestación.

3. Temporalidad de la campaña.

Debido a la importancia económica, de autosuficiencia alimentaria y rescate del campo que representa el cultivo del maíz en México y el impacto negativo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gusano soldado (*Mythimna unipuncta* y *Spodoptera exigua*), barrenador del tallo (*Diatraea grandiosella*), chapulín (*Melanoplus* spp., *Sphenarium* spp., *Brachystola* sp. y *Taeniopoda* sp.) y rata de campo (*Sigmodon mascotensis*, *Mus musculus*). De tipo rizófagas como: gallina ciega (*Phyllophaga* sp. y *Cyclocephala* spp), gusano de alambre (*Agriotes* spp.), gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*). Finalmente enfermedades como el carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) y secadera de raíz (*Fusarium* sp.) en el rendimiento, la producción y comercialización del mismo, la campaña se llevará a cabo hasta que el Senasica lo considere pertinente.

4. Acciones.

Las acciones que se implementarán en el manejo fitosanitario serán: muestreo, control biológico, control químico, capacitación, supervisión y evaluación. La elección y programación de las acciones dependerán de la fenología del cultivo, biología y hábitos de la plaga, así como del recurso financiero disponible.

| ACCIÓN | SUBACCIÓN | UNIDAD DE MEDIDA |
|-------------------|-------------------------|------------------|
| Muestreo | Superficie muestreada | Hectárea |
| | Superficie acumulada | Hectárea |
| | Sitios muestreados | Número |
| Control biológico | Superficie controlada | Hectárea |
| | Sitios controlados | Número |
| Control químico | Superficie controlada | Hectárea |
| | Sitios controlados | Número |
| Capacitación | Pláticas a productores | Número |
| | Cursos a técnicos | Número |
| Supervisión | Supervisión de técnicos | Número |
| | Informes revisados | Número |
| Evaluación | Evaluación | Número |

5. Metodología de las acciones a implementar

5.1 Plagas del follaje

5.1.1 Muestreo

El personal técnico deberá realizar el muestreo para detectar la presencia de plagas del follaje en el cultivo, muestreando al menos el 10% de la superficie que se pretenda atender a cada plaga considerada como objetivo dentro del Programa de Trabajo que establezcan los OASV: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gusano soldado (*Spodoptera exigua* y *Mythimna unipuncta*).

El momento oportuno de la aplicación debe definirse a partir de un adecuado monitoreo del cultivo. Se deberá tener en cuenta el nivel de incidencia de la plaga, su fase de desarrollo, la fenología del cultivo y las condiciones ambientales existentes.

5.1.1.1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Para el caso del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es común que la plaga afecte al cultivo en manchones. Desde el lugar de la oviposición las larvas se dispersan en círculo, colonizando a las plantas vecinas de maíz. Es por eso que se recomienda un patrón de muestreo en "X" o "cinco de oros". Se revisarán 20 plantas continuas, ubicadas en cinco sitios de muestreo distribuidas en sub-lotes de 1 hectárea, esta práctica se deberá realizar en superficies mayores a 1.0 hectáreas (100 plantas en total/sub-lote). El muestreo para esta plaga se realizará cada 7 días, desde que inicia la emergencia de las plantas de maíz hasta 80 días después de la siembra.

Cada planta se revisa para contar y registrar el número de masas de huevos, la presencia de larvas y evidencia de daño. Las medidas de control deben aplicarse cuando el insecto plaga

alcance el umbral económico (20% de daño en plantas hasta de 40 cm de altura puede ser en muestra única o sub-lotificada).



Figura 1. Masa de huevos de *Spodoptera frugiperda* en hoja de maíz.

Esto sucede cuando las plantas de maíz tienen hasta 4 hojas y el 20% de las plantas muestreadas exhiban síntomas iniciales de daño (etapa L2-L3: raspado y lesiones circulares por alimentación de 1 a 1.5 mm) tomando como referencia la escala de Davis *et al.* (1992), asimismo, cuando la planta tiene de 5 a 8 hojas el umbral de daño se disminuye a 10%. Se define como planta infestada, aquella con presencia de larvas o sus excrementos.



Figura 2. Presencia de larvas de *Spodoptera frugiperda* en hoja de maíz.

La afectación de rendimiento en donde se aplicó con el umbral económico (UE) de daño establecido (20%), se cree que fue debido al daño acumulado provocado por el insecto cuando no se alcanzó el UE; o sea, en diferentes ocasiones se observó daño y no se asperjó insecticida debido a que no se alcanzaba el UE, pero a la larga afectó el rendimiento. Esta

d

evaluación se realizó debido a que el UE de daño tiene más de 25 años de haber sido determinado por Pacheco (1985). En experimentos más recientes realizados por Morales *et al.* (2015) determinaron el valor crítico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo del maíz a partir de la tercera semana, al encontrar al menos tres larvas por planta.

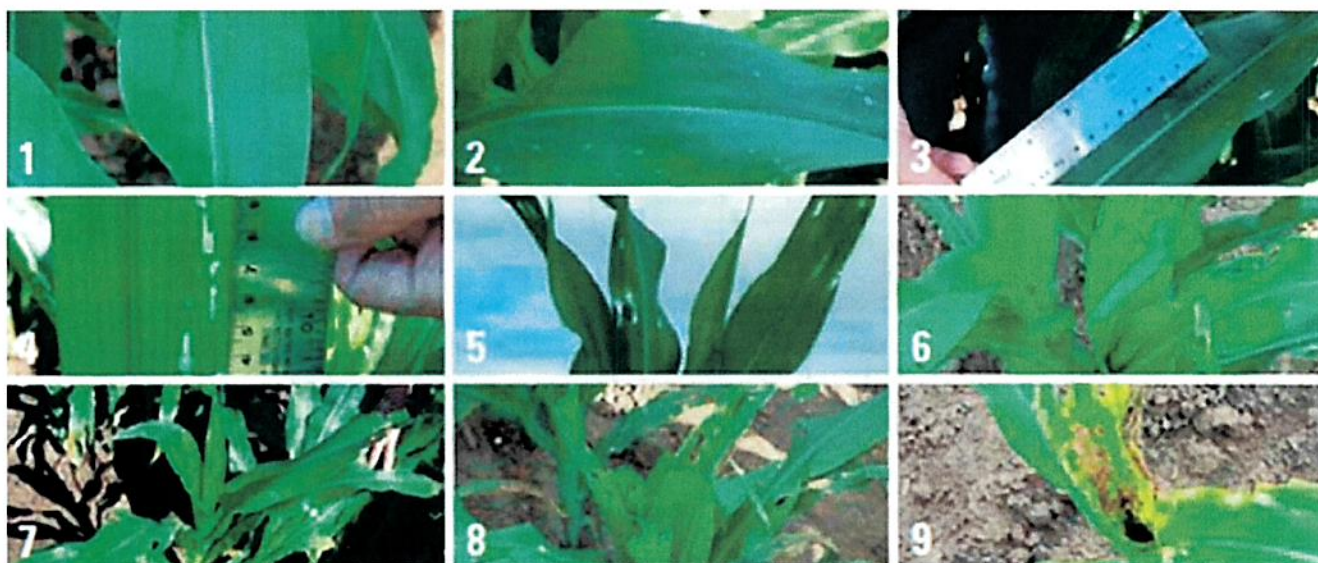


Figura 3. Escala de Davis *et al.* (2012).

5.1.1.2 Gusano soldado (*Spodoptera exigua* y *Mythimna unipuncta*)

Para gusano soldado (*Spodoptera exigua* y/o *Mythimna unipuncta*) se revisarán 20 plantas continuas, ubicadas en cinco sitios de muestreo distribuidas en sub-lotes de 1 hectárea (100 plantas en total/sub-lote) con un patrón de muestreo en “X” o “cinco de oros”.

El muestreo para estas plagas se realizará cada 7 días, desde que inicia la emergencia de las plantas de maíz, hasta 80 días después de la siembra; buscando daños en hojas, así como la presencia de masas de huevos y larvas; para el caso particular de *Mythimna unipuncta* es importante señalar que los daños iniciales son visibles en las hojas inferiores de la planta y posteriormente en hojas superiores, la larva presenta mayor actividad durante la tarde.

Se sugiere iniciar acciones de control al observar el 10% de hojas con daño y/o presencia de masas de huevos y larvas durante el muestreo de *Mythimna unipuncta* y para *Spodoptera exigua* el umbral de acción será de 20 a 25 larvas/hectárea en etapa L2 (menor de 10 milímetros).

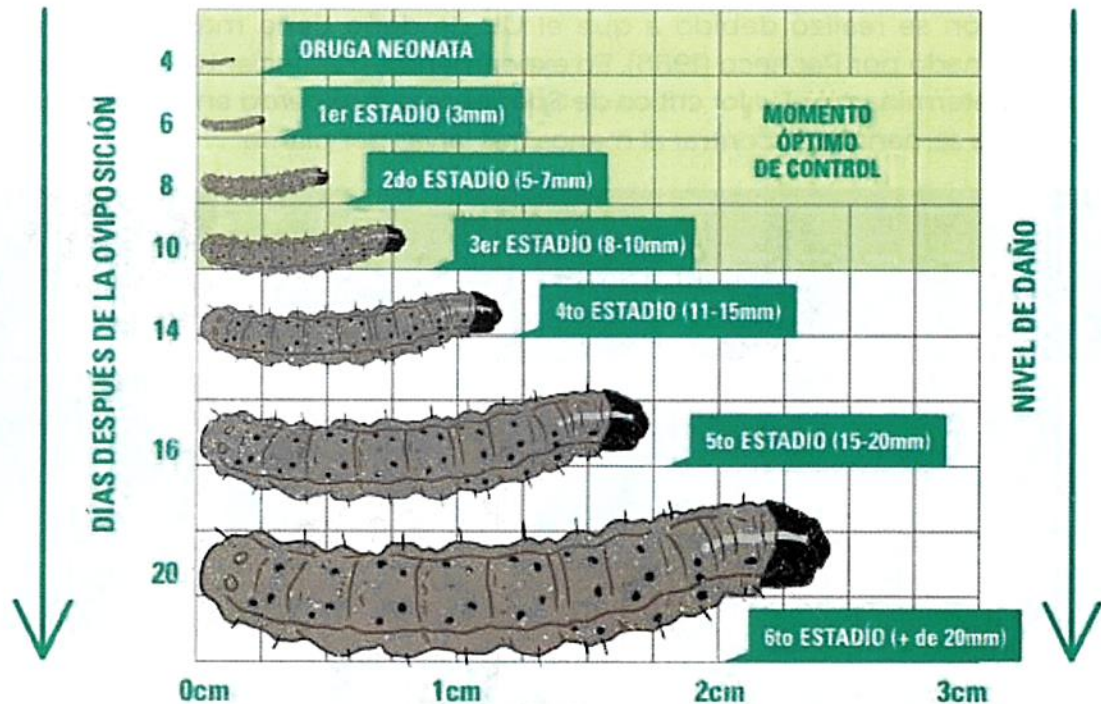


Figura 4. Estadios larvales de *Spodoptera frugiperda*, *S. exigua*, *Myimna unipuncta* y *Helicoverpa zea*

5.1.1.3 Gusano elotero (*Helicoverpa zea*)

El muestreo de gusano elotero (*Helicoverpa zea*) se realizará una vez iniciada la etapa reproductiva del maíz con énfasis durante la emisión de estigmas, ya que estas estructuras son preferidas por la plaga para llevar a cabo la oviposición. La frecuencia del muestreo será cada 7 días en un patrón de 5 de oros, para inspeccionar 20 plantas por sitio de muestreo (100 plantas en total).



Figura 5. Presencia de huevo de *Helicoverpa zea* en estigmas de maíz.

Los daños de esta plaga son causados por la alimentación en estigmas y brácteas del jilote en desarrollo por lo que puede observarse presencia de excretas y perforaciones u orificios

de entrada. Si en el muestreo del cultivo se detecta más del 20% de plantas con presencia de la plaga o de 2 a 3% de plantas con daño en estructuras reproductivas (mazorcas en desarrollo) se recomienda iniciar acciones de control contra esta especie.

5.1.1.4 Barrenador del Tallo (*Diatraea grandiosella*)

Para el muestreo del barrenador del tallo (*Diatraea grandiosella*), se revisarán 20 plantas continuas, ubicadas en cinco sitios de muestreo distribuidas en lotes de 1 hectárea (100 plantas en total/lote) con un patrón de muestreo en "X" o "cinco de oros", durante el desarrollo vegetativo y se deberá registrar el número de masas de huevecillos de *Diatraea* así como el número de larvas por planta. Es importante dirigir la realización de este muestreo al estrato medio de la planta, observando desde la base del tallo hasta la altura de la mazorca. El monitoreo de *Diatraea*, está basado en la observación y registro de oviposturas, en general la oviposición es en el envés de las hojas del tercio medio, pero puede estar generalizada en la planta. Lo importante del monitoreo es contar el número de posturas y, observar su coloración. En aquellos huevos que presentan color anaranjado con punto negro (es la cabeza de la larva) faltarían menos de 24 horas para que se produzca la eclosión.

El umbral económico para ejercer cualquier medida de control es detectar más del 8% de tallos con la presencia y/o daño de la plaga, es decir cuando al revisar 100 plantas y encontrar 8 plantas con daño o presencia del gusano.

5.1.2 Control biológico

5.1.2.1 Uso de parasitoides

Uso de *Trichogramma* spp., contra *Spodoptera frugiperda*, *S. exigua*, *M. unipuncta*, *Helicoverpa zea* y *Diatraea grandiosella*.

Para el control de *S. frugiperda*, *S. exigua* y *M. unipuncta* se recomienda la liberación del parasitoide *Trichogramma exiguum* o *T. atopovirilia*, cuando derivado del monitoreo se detecten las primeras masas de huevos sobre las hojas.

Para el caso de *Helicoverpa zea* se recomienda la liberación del parasitoide *Trichogramma pretiosum*, cuando derivado del monitoreo e inspección visual se detecten los primeros huevos sobre las estructuras reproductivas (estigmas).

Diatraea grandiosella tiene enemigos naturales especialmente parasitoides de huevo como *Trichogramma pretiosum*; en condiciones naturales estas avispidas han alcanzado hasta un 82 % de parasitación.

Trichogramma spp., normalmente es enviado en forma de pupa, para prever su emergencia en un lapso de 1 a 3 días. Estas pupas van en el interior del huevo hospedero los cuales están adheridos a cartulinas divididas en pulgadas cuadradas.

Dicha cartulina se introduce en una pequeña bolsa de plástico con aireación. Cada pulgada cuadrada contiene 3,000 huevos aproximadamente, los cuales van a originar alrededor de 2,550 avispidas, que equivalen a un mínimo del 85% de viabilidad. Se recomienda una dosis de liberación de estas microavispidas de 20 pulg²/hectárea (aproximadamente 51,000 individuos).

Para el caso de *Diatraea grandiosella* la dosis de liberación recomendada es de 50 pulg²/hectárea del parasitoide; se recomienda realizar de 2 a 3 liberaciones con un intervalo de aplicación de 10 días entre una y otra, esto al detectar las primeras masas de huevos en el muestreo.

Antes de liberar insectos benéficos es importante monitorear para conocer los niveles de población del insecto a manejar. Iniciar las liberaciones de la avispa tan pronto como observe los primeros adultos o se encuentren huevos de lepidópteros plaga en el cultivo de maíz.

Los adultos emergen, se aparean y las hembras se dispersan en el cultivo buscando huevos para iniciar la ovipostura. En condiciones de campo los adultos viven alrededor de una semana. *Trichogramma* spp., se alimenta de néctar, polen y secreciones que brotan de los huevos al momento de ser parasitados. Este ciclo de vida corto, permite que las poblaciones de este insecto benéfico se incrementen de manera rápida.

5.1.2.2 Uso de depredadores

Uso de *Chrysoperla carnea* y coccinélidos contra *Spodoptera frugiperda*, *S. exigua*, *Mythimna unipuncta* y *Helicoverpa zea*.

Así mismo se recomienda la aplicación o liberación de organismos depredadores como *Chrysoperla carnea* y coccinélidos cuando derivado del muestreo se detecten los primeros huevos sobre las estructuras reproductivas, utilizando dosis de 2cc/hectárea para el caso de las Crisopas y para el segundo (*Coleomegilla maculata*) 500 individuos/hectáreas respectivamente, con liberaciones a intervalos de 8 días recomendándose entre tres a cuatro liberaciones.

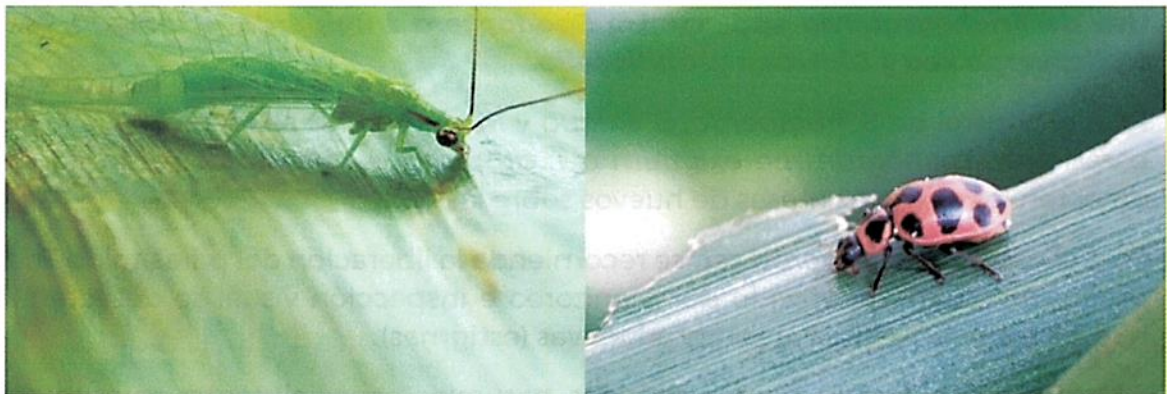


Figura 6. Organismos vivos utilizados como depredadores (*Chrysoperla carnea* y *Coleomegilla maculata*) para el control de Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y elotero (*Helicoverpa zea*).

5.1.2.3 Uso de entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que poseen la particularidad de parasitar a diferentes grupos de insectos e inclusive a algunos artrópodos; el ciclo biológico de estos comprende dos fases: la primera parasítica y la segunda saprofita (Schapovaloff et al., 2015). Algunos de estos como *Metarhizium anisopliae* el cual es considerado uno de los principales hongos entomopatógenos que controlan algunas plagas de Lepidópteros de importancia agrícola (Acuña et al., 2015) y principalmente se alimentan de estados larvales.

Se conoce que existe diferentes grupos de hongos entomopatógenos con más de 750 especies, los cuales se encuentran en el ambiente (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011), además del suelo que también constituye un reservorio para diferentes hongos y que contribuyen a la regulación de poblaciones de insectos plaga (Schapovaloff et al., 2015).

El género más importante es: *Metarhizium anisopliae*. Dentro de estos microorganismos entomopatógenos también se encuentran las bacterias, donde se reporta que *Bacillus thuringiensis*, es utilizada en gran medida para el control de insectos plaga, la cual tiene la característica de presentar efecto al ser ingerida por el insecto, esta bacteria produce una parálisis intestinal e impidiendo que siga alimentándose.

Uso de *Metarhizium anisopliae* contra gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*

Para el uso de agentes entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, a concentración de 1×10^{11} conidios/gramo, se recomienda la aplicación en etapas iniciales de infestación cuando el gusano cogollero se encuentre en la etapa de desarrollo L1 y L2 (de 2 a 10 milímetros y cabeza de negra a marrón), ya que en la etapa L3 se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son observadas cuando la hoja se abre o desenvuelven.

Uso de *Bacillus* spp., contra *Spodoptera frugiperda*, y *Helicoverpa zea*

Para el control de estas plagas se recomienda realizar 3 aplicaciones foliares de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* a intervalos de 6 días para el combate de *Spodoptera frugiperda* (dosis: 0.5-1.0 litro/hectárea) y 7 días para y *Helicoverpa zea* (dosis: 0.75-1.0 litro/hectárea); a partir de que se detecte la presencia de larvas en el cultivo. Volumen de aplicación 300-400 litros de agua/hectárea para *Helicoverpa zea* y de 350-450 litros de agua/hectárea para el caso de *Spodoptera frugiperda* y *Mythimna unipuncta*.

Consideraciones: Deben emplearse productos con registro ante la COFEPRIS para su uso en el cultivo y plaga objetivo, respetando siempre la dosis recomendada en la etiqueta del producto seleccionado. Se debe emplear equipo adecuado para la realización del tratamiento y uso de equipo de protección personal. La calibración del equipo de aplicación y el uso de coadyuvante será un punto clave para determinar el volumen de aplicación y asegurar una cobertura adecuada del follaje.

5.1.3 Control químico

En la elección de un ingrediente activo, deberá contemplarse el historial de aplicaciones realizadas en el predio y en su caso de la región, para evitar el uso de insecticidas del mismo grupo químico o modo de acción que han mostrado antecedentes de control deficiente con el fin de realizar una rotación adecuada de insecticidas.

5.1.3.1 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El momento ideal para controlar esta plaga es cuando la larva aún no ha ingresado al cogollo y se observan lesiones circulares pequeñas y sin perforación de la membrana epidérmica (etapa L2-L3).

Tabla 1. Ingredientes activos con registro COFEPRIS para el control químico de *Spodoptera frugiperda*.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|--------------|--|
| Deltametrina | Pyretroides | Modulador del canal de sodio |
| Cipermetrina | Pyretroides | Modulador del canal de sodio |
| Indoxacarb | Indoxacarb | Bloqueadores del canal del Sodio dependiente del voltaje |
| Alfa-Cipermetrina | Pyretroides | Moduladores del canal de sodio |
| Novaluron | Benzoylureas | Inhibidores de la biosíntesis de quitina, Tipo O |
| Spinetoram | Spinosinas | Moduladores alostericos del receptor nicotínico de la acetilcolina-Sitio I |
| Lamda Cyhalotrina | Pyretroides | Modulador del canal de sodio |
| Azaridactina | Azaridactin | Compuesto de acción desconocida o incierta, por ser considerado orgánico. |

5.1.3.2 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*, *Mythimna unipuncta*)

Se recomienda realizar control químico cuando la larva se encuentre en etapas avanzadas de desarrollo (a partir de L3), cuando ya no sea posible emplear algún agente de control biológico.

Tabla 2. Ingredientes activos con registro COFEPRIS para el control químico de *Spodoptera exigua*.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|-------------|--|
| Zeta-Cipermetrina | Pyretroides | Modulador del canal del Sodio. Acción nerviosa |

5.1.3.3 Gusano soldado (*Mythimna unipuncta*)

Se recomienda realizar control químico cuando la larva se encuentre en etapas avanzadas de desarrollo (a partir de L3), cuando ya no sea posible emplear algún agente de control biológico.

Tabla 3. Ingredientes activos con registro COFEPRIS para el control químico de *Mythimna unipuncta*.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|-------------|---|
| Azaridactina | Azaridactin | Compuesto de acción desconocida o incierta, por ser considerado orgánico. |

5.1.3.4 Gusano elotero (*Helicoverpa zea*)

Se recomienda realizar control químico cuando se presente un elevado número de larvas de segundo instar tardío (L2) y tercero temprano (L3) cuando ya no sea posible emplear algún agente de control biológico; además de que en el tercer instar las larvas inician el ingreso al interior de las mazorcas.

Tabla 4. Ingredientes activos con registro COFEPRIS para el control químico de *Helicoverpa zea*.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|-------------|---|
| Azaridactina | Azaridactin | Compuesto de acción desconocida o incierta, por ser considerado orgánico. |

5.1.3.5 Gusano Barrenador del Tallo (*Diatraea grandiosella*)

El control químico de *Diatraea* por medio de las aplicaciones foliares se dificulta, debido a que las larvas se introducen al tallo. Las aspersiones solo controlan las larvas que aún no han penetrado al tallo, estas permanecen expuestas durante un periodo de 3 a 5 días, momento en que se podrá realizar la aplicación de productos químicos, que sean amigables con el medio y estén autorizados por la COFEPRIS.

Tabla 5. Ingredientes activos con registro COFEPRIS para el control químico de *Diatraea grandiosella*.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|-------------|---|
| Azaridactina | Azaridactin | Compuesto de acción desconocida o incierta, por ser considerado orgánico. |

Consideraciones: Deben emplearse ingredientes activos con registro ante COFEPRIS para su uso en el cultivo y plaga objetivo, respetando siempre la dosis recomendada en la etiqueta del producto seleccionado. Se debe emplear equipo adecuado para la realización del tratamiento, uso de equipo de protección personal y rotación adecuada de moléculas para prevenir el desarrollo de resistencia a agroquímicos.

5.1.4 Chapulín (*Melanoplus spp.*, *Sphenarium spp.*, *Brachystola sp.* y *Taeniopoda sp.*)

Las acciones deben realizarse conforme a lo establecido en el Manual Operativo de la Campaña contra el Chapulín, el cual se encuentra disponible en el siguiente sitio:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/342099/Manual_Operativo_Chapul_n_1.pdf

5.1.4.1 Control biológico de chapulín (*Brachystola sp.*, *Melanoplus sp.* y *Sphenarium sp.*), a través de *Metarhizium acridum*

Para la utilización del *Metarhizium acridum*, se hace referencia a la autorización realizada mediante la publicación de la Circular 061/2020, con fecha 20 de agosto del actual, en donde se proponen de inicio cinco laboratorios y a otros más que en su momento autorice la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), que mediante este documento tienen permitido el uso de las cepas seleccionadas para el control de la mencionada plaga y a la vez participar como proveedores de tal insumo.

Es importante mencionar que dentro de las bases que se emitan para la compra del producto biológico tendrán que incluir una nota en donde indique que el Comité Estatal de Sanidad Vegetal no podrá hacer uso del hongo entomopatógeno hasta que sea verificada la calidad por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, misma que deberá cumplir con las características necesarias para su aplicación en campo.

5.2 Plagas rizófagas

5.2.1 Muestreo

El personal técnico deberá realizar el muestreo para detectar la presencia de plagas rizófagas en el cultivo, muestreando al menos el 10% de la superficie que se pretenda atender por cada una de las plagas consideradas como objetivo: gallina ciega (*Phyllophaga* sp., *Cyclocephala* spp), Gusano de Alambre (*Agriotes* spp.), y gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*), apoyándose con la metodología de 5 deoros; la cual consistirá en hacer una excavación en el suelo de 30 x 30 x 30 cm, en cada uno de los cinco sitios del predio, posteriormente se contabilizarán las larvas encontradas para cada plaga y así poder conocer su nivel poblacional. Esta actividad se deberá realizar por lo menos cada 30 días en la superficie programada por cada entidad federativa, antes de la siembra para todas las plagas y después de la siembra desde la etapa de germinación (5-7 dds) hasta la etapa de desarrollo vegetativo (hasta los 60 dds).

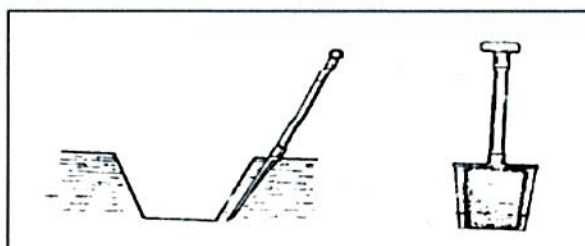


Figura 7. Muestreo de plagas rizófagas con pala recta

Con los datos del muestreo se generarán las alertas fitosanitarias tempranas.

5.2.2. Control biológico

Este tipo de control estará en función de la disponibilidad del recurso asignado. Se deberá realizar mediante el uso de organismos entomopatógenos como los hongos: 1). *Beauveria bassiana*, la cual se deberá aplicar bajo las condiciones siguientes: cuando se tenga humedad relativa del 90% y una temperatura entre 23 y 25 °C. En general se debe preparar una solución de 1×10^{10} esporas por litro de agua y 2). *Metarhizium anisopliae*, se realizará una aplicación a concentración de 1×10^{12} con viabilidad mayor o igual al 85%.

Se recomienda aplicar en una mezcla de ambos ***Metarhizium anisopliae* + *Beauveria bassiana***, para el control de gallina ciega (*Phyllophaga* spp), a una dosis de 2.0 litros/hectárea.

Ambos entomopatógenos son útiles solos o mezclados para el control de insectos rizófagos del suelo, una vez que se rebasa el umbral económico de 5 a 7 larvas encontradas en cada punto de muestreo.

Los citados entomopatógenos se deberán aplicar en formulación granulada o líquida a la base de la planta, incorporándolos al suelo para incrementar su efectividad, debido a que se han observado resultados positivos en la disminución de plagas rizófagas.

5.2.3 Control químico

Este tipo de control será utilizado cuando se hayan rebasado los umbrales de acción o económicos de las plagas rizófagas que para el caso de gallina ciega y gusano alfilerillo es de 5 a 7 larvas encontradas en cada punto de muestreo.

Para el cultivo de maíz se recomienda un control preventivo que consiste en realizar el tratamiento a la semilla con insecticidas autorizados por la COFEPRIS, y otra opción es realizar la aplicación del producto químico al momento de la siembra (en banda se mezclará junto con el fertilizante). Los ingredientes activos recomendados para la realización de tal práctica de control son las siguientes.

Tabla 6. Ingredientes activos con registro COFEPRIS, para el tratamiento de semillas utilizadas para el control de plagas rizófagas en cultivo de maíz.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|---------------------------|--------------------------------------|--|
| Tiametoxam | Neonicotinoide | Agonista del receptor nicotínico de la Acetilcolina. Acción nerviosa |
| Bifentrina + Imidacloprid | Mezcla (Piretroide + Neonicotinoide) | Moduladores del canal de Sodio; Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina |

Tabla 7. Ingredientes activos con registro COFEPRIS, para el control de gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*), en cultivo de maíz.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|-------------|--|
| Zeta-Cipermetrina | Pyretroides | Modulador del canal del Sodio. Acción nerviosa |

5.3 Roedores: Rata de Campo (*Sigmodon mascotensis*, *Mus musculus* y *Rattus rattus*)

5.3.1 Trampeo

Se deberán establecer transectos en los cuales se les colocarán trampas de golpe o guillotina tipo Víctor a una distancia de 10 metros entre cada una y en forma de zigzag, se recomienda colocar 50 trampas en tal transecto, lo que dará un total de 500 metros lineales, mismas que se deberán estar moviendo cada semana para así abarcar una mayor superficie en relación al muestreo, lo que ayudará a determinar la presencia y abundancia poblacional así como los posibles focos de infestación en las parcelas sembradas con maíz.



Figura 8. Muestreo de Roedores: rata de campo (*Sigmodon mascotensis* y *Mus musculus*)

A manera de cebo atrayente se deberá emplear una "bolita" de pan con saborizante de vainilla. Las trampas colocadas en cada una de dichas parcelas, se deberán revisar durante tres días consecutivos posteriores a su instalación, teniendo como objetivo verificar la abundancia relativa de la plaga.

Con el resultado de dicha captura se podrá determinar el éxito de esta misma, el cual se realiza mediante la fórmula propuesta por Nelson y Clark (1973), mediante la fórmula siguiente:

$$RC = I \times 100 / T - \left(\frac{S}{2} \right) \text{ Donde:}$$

RC = Tasa o éxito de captura

I = Cantidad de ratones capturados

T = Total de trampas colocadas por sesión de muestreo (esfuerzo de captura)

S = Trampas "brincadas" o disparadas

Con el resultado de esta fórmula será posible obtener el éxito de captura (promedio de las revisiones), el cual si es mayor al 4 %, indica será necesario realizar alguna opción de control y se considerará como un foco de infestación. Esta fórmula se aplicará durante los tres días de revisión de las trampas, sacando el promedio de estos tres datos.

Para el caso de rata de campo, dependiendo de la incidencia de la plaga, se realizará el control de la misma en el 100% de los focos de infestación detectados, por lo que se establecerá el siguiente semáforo de acción útil en la toma de decisiones en función a la formula antes mencionada:

| SEMÁFORO | RC | TIPO DE CONTROL |
|----------|--------------|----------------------|
| Verde | 5.0 - 7.9 | Mecánico - Biológico |
| Amarillo | 8.0 - 14.9 | Biológico - Químico |
| Rojo | Mayor a 15.0 | Químico |

Con los datos del trampeo, considerando la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas, se generarán y emitirán las alertas fitosanitarias tempranas.

5.3.2 Control biológico

Esta acción se realizará con la elaboración y colocación de perchas, las cuales ayudaran a las aves rapaces a facilitar este tipo de control.



Figura 9. Control biológico de Roedores: rata de campo (*Sigmodon mascotensis* y *Mus musculus*), con el uso de "perchas".

5.4 Enfermedades de importancia económica del maíz; Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis*), carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana/Sporizorium reilianum*) y secadera de la raíz (*Fusarium* spp.).

5.4.1 Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*).

5.4.1.1 Muestreo de la mancha de asfalto.

El personal técnico deberá realizar muestreo dirigido a las hojas que presenten los síntomas de la enfermedad. La identificación preliminar de los patógenos estará asociada con los síntomas presentes en las hojas, en la etapa final del desarrollo vegetativo hasta la etapa de grano lechoso masoso del cultivo del maíz, en donde se detecten plantas con lesiones características de la Mancha de Asfalto, inicialmente manchas café oscuro, estromáticas de aspecto liso y brillante, de forma oval con un diámetro aproximado de 2 mm.

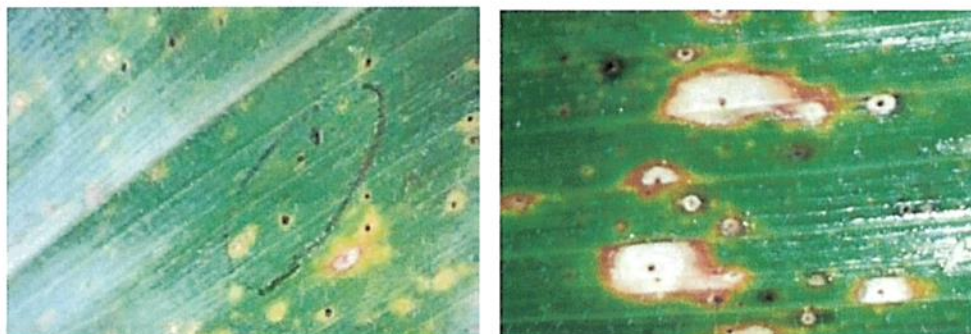


Figura 10. Síntomas característicos de la Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis*), en cultivo de maíz

La parcela se recorrerá en Zig-Zag y la distancia entre un punto de muestreo y otro será de 10 metros. En cada uno de los puntos, se muestrearán 10 plantas para la búsqueda de los síntomas característicos y se cuantificarán aquellas que presenten los síntomas para obtener el porcentaje de daño. Se recomienda hacer la aplicación de fungicidas cuando se supere el 10% de incidencia.

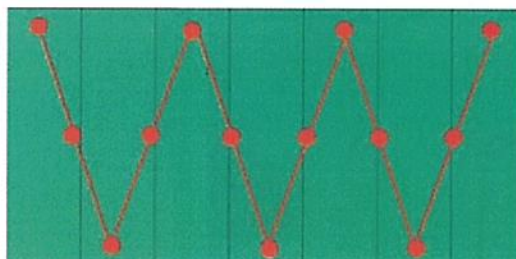


Figura 11. Esquema de muestreo en Zig-Zag para la Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis*), en cultivo de maíz.

Con los datos del muestreo se generarán y emitirán las alertas fitosanitarias tempranas.

5.4.1.2 Evaluación del grado de severidad de la Mancha de Asfalto

Debido a la importancia económica que tiene *P. maydis*, por las pérdidas severas que causa en el rendimiento del maíz, es importante contar con métodos estandarizados para la cuantificación de daños, por lo que fue necesario elaborar una escala de severidad con intervalos y puntos medios de cada clase siendo estos los siguientes:

Clase 0 (0-0%), clase 1 (1-6%), clase 2 (7-22%), clase 3 (23-55%), clase 4 (56-84%), clase 5 (85-95%) y clase 6 (96-100%), esquemáticamente se representa así:

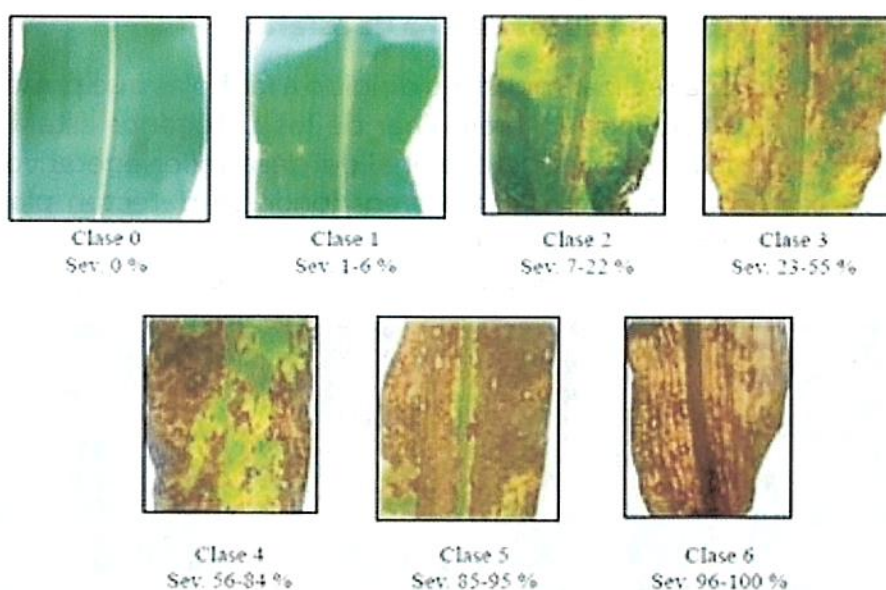


Figura 12. Esquema utilizado para evaluar el grado de severidad causado a las hojas de maíz por *Phyllachora maydis*

5.4.1.3 Control químico de la Mancha de Asfalto

Este tipo de control se realizará en estricto apego al Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA), el cual consiste en la utilización del material necesario de protección personal adecuada, calibración del equipo de aspersión, realización del triple lavado y la rotación de ingredientes activos en cada aplicación, para evitar resistencia, estos mismos deberán tener registro ante la COFEPRIS, para su uso en el cultivo y las enfermedades referidas y atendiendo las recomendaciones de la etiqueta del producto.

Tabla 8. Ingredientes activos autorizados ante la COFEPRIS, para el control químico de la Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis*) en cultivo de maíz.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO FRAC | MODO DE ACCIÓN |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| Tebuconazole | Triazoles | Biosíntesis de esterol en membranas: C14-demetilasa en la biosíntesis de esterol. |
| Azoxystrobin + Ciproconazol | Estrobirulina + Triazol | Inhiben la respiración y Biosíntesis de esterol en membranas. |

5.4.2 Carbón de la espiga

5.4.2.1 Muestreo del carbón de la espiga

Este se realizará mediante la inspección visual directa en campo, por lo que se revisarán cinco puntos de muestreo (cinco deoros), contabilizando 100 plantas consecutivas en la misma hilera y registrando aquellas que presentan síntomas de la enfermedad en un total de 500 plantas evaluadas por predio.

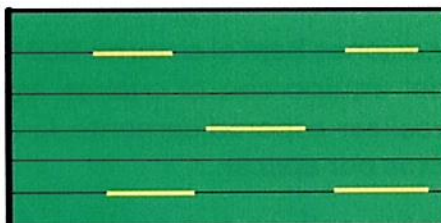


Figura 13. Distribución de puntos de muestreo para carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana/Sporizorium reilianum*)

Los síntomas de la infección pueden limitarse a espigas donde es común observar deformación, compactación y presencia de soros que reemplazan por completo a las inflorescencias y una vez que se diseminan las masas de esporas se presenta un desarrollo anormal de brotes similares a hojas.



Figura 14. Presencia del carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana/Sporisorium reilianum*) en cultivo de maíz: izquierda en espiga y derecha en mazorca de maíz

En mazorcas infectadas ocurre aborto debido al desarrollo de brotes o rudimentos de hojas, si son severamente afectadas presentan formas redondeadas, sin desarrollo de estilos y los granos son reemplazados por completo por masas de esporas negras que en el interior se distribuyen a lo largo de los filamentos vasculares.

Si durante el muestreo se encuentran un valor mayor al 20% de las plantas infectadas, es un indicador para de inmediato iniciar con la medida de control químico.

Con los datos del muestreo y considerando la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas, se generarán y emitirán las alertas fitosanitarias tempranas.

5.4.2.2 Control químico del carbón de la espiga

Se considerarán las aplicaciones con productos químicos con registro ante la COFEPRIS para su uso en el cultivo y para la enfermedad referida, cuando en el muestreo se encuentren menor o igual al 20% de las plantas infectadas a partir de la 5ª o 6ª hoja superior.

Se sugiere hacer las aplicaciones bajo el sistema BUMA, utilizando el equipo de protección adecuado, calibración del equipo con el cual se asperjará y realizar el triple lavado. Es importante considerar realizar esporádicamente la rotación de moléculas para evitar la resistencia de los productos por aplicar.

Tabla 9. Ingredientes activos con registro COFEPRIS, para control químico del carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana/Sporisorium reilianum*) en cultivo de maíz.

| INGREDIENTE ACTIVO | GRUPO IRAC | MODO DE ACCIÓN |
|--------------------|---------------------|--|
| Carboxin | Oxatin-Carboxamidas | Inhibidores del Succinato Deshidrogenasa |

5.4.3 Secadera de la raíz (*Fusarium spp*)

5.4.3.1 Muestreo.

Se realizará desde la etapa vegetativa hasta la reproductiva del cultivo, empleando la metodología de "5 de oros". En cada punto se revisarán 20 plantas para un total de 100 por predio con el fin de obtener el porcentaje de incidencia de la enfermedad (Porcentaje de incidencia = número de plantas con síntomas/número. total, de plantas revisadas (100).

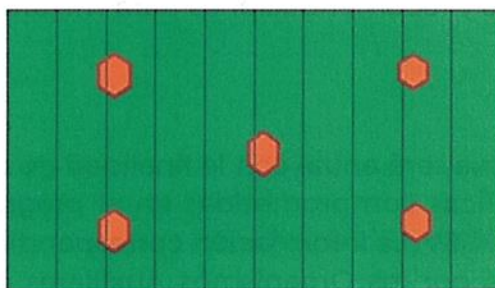


Figura 15. Distribución de puntos de muestreo "5 deoros".

Umbral de acción. Se deberán realizar acciones de control cuando en el muestreo se detecte 10% de incidencia.

Consideraciones: La infestación en maíz puede ocurrir en la fase de semilla, durante la germinación y desarrollo del cultivo. La producción post emergente se caracteriza por contener el inóculo en la raíz de la planta, presentando un color amarillento, falta de vigor y estrangulamiento a nivel de la base del tallo, ocasionando la muerte prematura de la misma.

Los síntomas típicos de la enfermedad son marchitez de la planta y necrosis en la raíz. Se deberá muestrear como mínimo el 10% del total de la superficie programada a atender. Se deberán seleccionar sitios estratégicos para el muestreo con el fin de establecer rutas de muestreo, principalmente en áreas con antecedentes de la enfermedad, con el fin de que el productor sea notificado a tiempo y pueda implementar algún método de control.

Las condiciones que favorecen la presencia de estos hongos son los suelos pobremente drenados, con excesiva compactación y una temperatura base de 10-12 °C.

Con los datos del muestreo y considerando la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas, se generarán y emitirán las alertas fitosanitarias tempranas.

5.5 Capacitación

Se capacitará a los productores en los temas fenología del cultivo, biología y hábitos de las plagas, trampeo, muestreo y estrategias de control cultural en lo referente a manejo de fechas y densidad de siembra, preparación del terreno, fertilización y destrucción de "socas" entre otros. La capacitación a productores se llevará a cabo por el personal técnico del programa de manejo fitosanitario durante todo el año, previo a iniciar las actividades de control de las plagas o cuando así se requiera. Las pláticas a productores deben ser con un enfoque participativo, donde el principal protagonista es el productor.

5.6 Supervisión

Esta actividad será realizada por personal técnico de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), Gerente, Coordinador del proyecto y/o Profesional de Campaña, y personal de la representación estatal del Senasica generando la evidencia documental que contenga como mínimo el periodo y zona de supervisión, listado de predios supervisados,

observaciones detectadas y recomendaciones para mejorar la operación del programa de manejo fitosanitario.

5.7 Evaluación

La evaluación del programa será anual con la finalidad de conocer el cumplimiento de los objetivos y metas específicas comprometidas en el programa de trabajo, dicho informe deberá ser remitido a la DGSV. La información correspondiente a los programas de trabajo y avances será ingresada por los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal al Sistema Informático que determine la DGSV. El personal técnico será responsable de la captura de metas físicas y el personal administrativo de lo correspondiente al ejercicio de recursos.

5.8 Indicador

Para la evaluación del cumplimiento de las metas planteadas en relación a los objetivos del programa se analizará el siguiente indicador.

| NOMBRE DEL INDICADOR | FÓRMULA | UNIDAD DE MEDIDA |
|-----------------------------------|--|------------------|
| Porcentaje de superficie atendida | $\frac{\text{Superficie atendida}}{\text{Superficie programada a atender}} \times 100$ | % |