



Proyecto: Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR 2018-1 A-S-67865

“Monitoreo, evaluación de daños, manejo preventivo y control de la secadera y pudrición de raíz causadas por *Fusarium* spp., y las moscas fungosas *Bradysia* y *Lycoriella*”

Incidencia y severidad por *Fusarium* spp., y umbral de daño ocasionado por moscas fungosas *Bradysia* y *Lycoriella*



Dra. Silvia Edith García Díaz
Dr. Omar Alejandro Pérez Vera
Dr. Víctor Hugo Marín Cruz

Responsable técnico: DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN	4
DEFINICIONES	4
METODOLOGÍA DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD:	5
Fusarium circinatum y F. oxysporum.....	7
Procedimiento de evaluación de Fusarium spp. y mosca fungosa negra. .	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Guía de llenado del Formato de Diagnóstico fitosanitario en viveros forestales	20
Evaluación de incidencia	20
Ejemplo de la metodología considerada para la evaluación de incidencia y severidad para Fusarium circinatum y F. oxysporum. Así como para mosca fungosa negra Bradysia impatiens y Lycoriela ingenua.....	21
Evaluación de severidad de Bradysia impatiens.....	26
CONCLUSIONES	28
LITERATURA CONSULTADA	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de plantas a muestrear, dependiendo de la cantidad de plantas en producción.....	14
Figura 2. Escala diagramática de severidad de la secadera (<i>Fusarium circinatum</i>) en <i>Pinus cembroides</i> (4 meses de edad).	23
Figura 3. Escala diagramática de severidad de la secadera (<i>Fusarium circinatum</i>) en <i>Pinus cembroides</i> (6 meses de edad).	24
Figura 4. Escala diagramática de severidad de la secadera (<i>Fusarium oxysporum</i>) en <i>Pinus devoniana</i> (10 meses de edad).....	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías de severidad de la mosca fungosa, con respecto a signos y daños producidos en <i>Pinus devoniana</i>.	6
Cuadro 2. Categorías de severidad de <i>Fusarium circinatum</i> y <i>F. oxysporum</i>, con respecto a signos y daños producidos en <i>Pinus devoniana</i>.	8
Cuadro 3. Categorías de severidad de <i>Fusarium circinatum</i> y <i>F. oxysporum</i>, con respecto a signos y daños producidos en <i>Pinus cembroides</i>.	9
Cuadro 4. Estimación del tamaño de muestra con respecto al total de producción de planta por especie.	12
Cuadro 5. Tamaño de muestra por número de cavidades del contenedor.....	14
Cuadro 6. Ejemplo hipotético del tamaño de muestra en tres viveros con charolas con número diferente de cavidades.	15
Cuadro 7. Formato de Diagnóstico fitosanitario en viveros forestales.	19

RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo al diagnóstico realizado en este proyecto se concluyó que la secadera y el mosco fungoso negro son los mayores principales problemas fitosanitarios en los viveros que producen coníferas y que utilizan el sistema de producción en contenedores. En este documento se propone una metodología que se sigue lo indicado en la NMX-AA-170-SCFI-2016 sobre tamaño de muestra, En este proyecto se considera una metodología para medir la incidencia y severidad de la secadera y el mosco fungoso en el momento que se hace la evaluación en campo. Este protocolo se evaluó preliminarmente en el vivero de Atzimba en *Pinus devoniana* y *P. leiophylla*. Es importante validar en más viveros y especies de pino esta metodología, para corregir posibles fallas. Es una herramienta muy importante de toma de decisiones para la CONAFOR y los usuarios, y de esta manera poder realizar estrategias de manejo oportunas para la secadera y mosco fungoso.

“Monitoreo, evaluación de daños, manejo preventivo y control de la secadera y pudrición de raíz causadas por *Fusarium* spp., y las moscas fungosas *Bradysia* y *Lycoriella*”.

Proyecto: Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR.

Producto 3. Un protocolo para evaluar incidencia y severidad de la secadera y daños por moscas fungosas en viveros forestales.

Subproducto 2. Un documento para estimar la incidencia y severidad para *Fusarium* spp, y umbral de daño ocasionado por moscas fungosas *Bradysia* y *Lycoriella*.

Actividad 1.5. Obtener un protocolo para evaluar incidencia y severidad de la secadera y daños por moscas fungosas en viveros forestales.

INTRODUCCIÓN

La cuantificación del daño que causa la secadera (*Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*) y el mosco fungo (*Bradysia impatiens* y *Lycoriella ingenua*) son importantes para la elaboración de estrategias de manejo en el vivero. Los estudios de la intensidad y la severidad de la enfermedad o plaga son el primer paso para conocer la relación que hay entre el patógeno o plaga y las pérdidas que causan en la producción de planta. Por lo que es necesario desarrollar una metodología para estimar la incidencia y severidad de la secadera y mosco fungoso en los viveros forestales.

DEFINICIONES

Clorosis: Coloración anormal de las partes verdes, debido a la destrucción de la clorofila o la imposibilidad de sintetizarla.

Enfermedad: Cualquier mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante, que resulta de la irritación continua por un agente patogénico o factor ambiental y que lleva al desarrollo de los síntomas.

Incidencia: Cantidad de individuos o partes del individuo afectado por una enfermedad respecto al total y expresado en porcentajes.

Larva: Estado inmaduro entre el huevo y la pupa de los insectos con metamorfosis completa (holometábolos).

Mosca fungosa: Pequeñas moscas de color negro grisáceo de 2 – 3 mm de longitud del cuerpo y considerada una plaga de importancia forestal y agrícola en viveros, invernaderos y jardines.

Necrosis: Muerte de células o tejidos en la planta.

Plaga: Cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal, o agente patogénico dañino para las plantas o productos vegetales.

Pupa: Fase del insecto inactiva entre su fase larvaria y adulta.

Severidad: Es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base del tejido enfermo

Signo: evidencia objetiva de plaga o enfermedad, tal como la presencia de organismos causantes de enfermedades o de cualquiera de sus partes o productos; p. ej.: exudado bacteriano o estructuras fungosas, insectos, excrementos, mudas o exuvias, etc.

Síntoma: evidencia subjetiva de plaga o enfermedad. Es el efecto que produce el agente causal en el hospedero (planta). Por lo tanto, su expresión depende de la planta (especie, variedad), del patógeno y del ambiente. Se manifiesta como secreciones, incremento de la respiración, pudriciones, otros.

Para evaluar la incidencia se tomó el procedimiento de la norma (NMX-AA-170-SCFI) en el apéndice normativo J, para verificar la presencia de enfermedades y plagas. Una vez que se efectuó el cálculo para determinar el número de plantas enfermas con relación al número de plantas aparentemente sanas (incidencia) y el número de plantas a extraer, el porcentaje de daño (severidad) por especie evaluada o con síntomas y daños, se verificó y consolidó la metodología que se describe con bases sólidas para realizar un diagnóstico en un vivero forestal.

METODOLOGÍA DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD:

Se elaboró una metodología para estimar en los viveros forestales, la incidencia y severidad para *Fusarium* spp, y el umbral de daño ocasionado por moscas fungosas *Bradysia* sp. y *Lycoriella* sp., considerando la NMX-AA-170-SCFI-2016.

Es necesario definir que se estimará la incidencia y severidad a partir de la evaluación de síntomas y signos.

Signos de mosca fungosa negra: presencia de adultos volando, larvas en el sustrato y raíz de la planta a evaluar, evidencia de presencia de larvas en la raíz (excrementos, masas de huevos, mudas, y xilema y floema de la raíz consumido por larvas de mosca fungosa).

Síntomas producidos por mosca fungosa negra: pérdida de vigor, marchitamiento, pudrición del cuello de la raíz (al tacto es esponjoso), plantas cloróticas, raíces secundarias escasas, muerte de plantas. Desprendimiento de corteza de la raíz.

La **severidad de mosca fungosa** (*Bradysia impatiens* y *Lycoriella ingenua*) se define con base a los síntomas y signos en campo, bajo la siguiente categoría para *P. devoniana* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de severidad de la mosca fungosa, con respecto a signos y daños producidos en *Pinus devoniana*.

Clase 0	Clase 1
 <p data-bbox="233 940 792 1010">Planta sana, sin adultos o larvas de mosca negra.</p>	 <p data-bbox="816 877 1378 940">Presencia de adultos, huevos y larvas en el sustrato, sin síntomas en la planta.</p>
Clase 2	Clase 3
  <p data-bbox="233 1801 792 1934">Síntomas iniciales (marchitamiento, amarillamiento, necrosis y pérdida de vigor en planta), presencia de larvas, pupas y adultos</p>	 <p data-bbox="816 1696 1378 1822">Planta muerta (follaje marrón rojizo, pudrición en raíz con desprendimiento de corteza), larvas dentro del cuello y adultos volando</p>

Fusarium circinatum* y *F. oxysporum

Signos de *Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*: presencia de estructuras reproductivas conocidas como esporodoquios de color blanco, cremoso a anaranjado y presencia de micelio en el cuello de la raíz de la planta.

Síntomas de *Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*: follaje de color amarillento, violáceo a rojizo, doblamiento del brote principal (ápice), marchitamiento, pudrición de raíces, desprendimiento de corteza de raíces, muerte de plantas. Ahorcamiento del tallo o cuello de la raíz en la etapa de cerillo (en la germinación y emergencia de la plántula).

La **severidad** de *Fusarium oxysporum* y *F. circinatum*, se define con base a los síntomas y si es posible encontrar **signos** en campo, bajo la siguiente categoría para *Pinus devoniana* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categorías de severidad de *Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*, con respecto a signos y daños producidos en *Pinus devoniana*.

<p style="text-align: center;">Clase 0</p>  <p style="text-align: center;">Planta sana</p>	<p style="text-align: center;">Clase 1</p>  <p style="text-align: center;">Inicio de síntomas (marchitamiento, decoloración del follaje y amarillamientos)</p>
<p style="text-align: center;">Clase 2</p>  <p style="text-align: center;">Doblamiento del brote de crecimiento, más del 50% del follaje muerto</p>	<p style="text-align: center;">Clase3</p>  <p style="text-align: center;">Planta muerta.</p>

La **severidad** de *Fusarium oxysporum* y *F. circinatum*, se define con base a los síntomas y si es posible encontrar **signos** en campo, bajo la siguiente categoría para *Pinus cembroides* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Categorías de severidad de *Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*, con respecto a signos y daños producidos en *Pinus cembroides*.

<p style="text-align: center;">Clase 0</p>  <p style="text-align: center;">Planta sana</p>	<p style="text-align: center;">Clase 1</p>  <p style="text-align: center;">Inicio de síntomas (marchitamiento, decoloración del follaje y amarillamientos)</p>
<p style="text-align: center;">Clase 2</p>  <p style="text-align: center;">Doblamiento de brote de crecimiento, más del 50% del follaje necrosado</p>	<p style="text-align: center;">Clase 3</p>  <p style="text-align: center;">Planta muerta.</p>

Procedimiento de evaluación de *Fusarium* spp. y mosca fungosa negra.

Para realizar la evaluación de incidencia y severidad se propone la siguiente metodología.

Primero: Cuantificar la cantidad total de planta a evaluar por especie y por unidad de producción.

Cuando en el vivero se tenga planta de la misma especie en diferentes naves de producción y las condiciones ambientales varían sustancialmente con entre naves se debe realizar en cada módulo de producción una evaluación de incidencia y severidad por separado. De igual forma, cuando en el vivero se utilizan charolas de diferente número de cavidades se debe realizar una evaluación por separado.

La cantidad de planta a evaluar estará sujeta a la cantidad de cavidades que tiene el contenedor utilizado en el vivero.

Segundo: Cuantificar los contenedores llenos (con sustrato y/o con planta en crecimiento o desarrollo), para lo cual se realizará una valoración de una muestra representativa de contenedores. De la siguiente manera:

- A. Se utilizará la fórmula del Apéndice Normativo J de la NMX-AA-170-SCFI-2016. Considerando a cada contenedor como el sitio de muestreo, el tamaño de la muestra se calcula con la fórmula:

$$n = \frac{1}{\frac{E^2}{(t)^2 pq} + \frac{1}{N}}$$

Donde:

n= es el tamaño de la muestra requerida;

E= es el error de estimación (5 %= 0.5);

p= es la proporción de plantas con plaga, enfermedad o cavidades vacías de producción evaluadas (= 0.5);

q= es la proporción de plantas sanas de la producción (= 1-p=0.5);

pq= es el producto que define la variabilidad, media por la varianza, que adopta su valor máximo cuando P= 0.5, ya que entonces Q= 1-P=0.5, y PQ= (0.5)*(05)=0.25, ya que es el valor máximo que puede tener el producto;

N= es el tamaño de la población o número de cavidades de producción de los contenedores existentes en el área de producción;

t= es el valor de “t” para una confiabilidad de medición de 95%=2.

Aplicando la fórmula para las siguientes cantidades de producciones hipotéticas de planta en un vivero tenemos el siguiente cuadro con las plantas a muestrear. Considerando los siguientes datos.

p= 0.5

q= 0.5

E= 0.05

t= 2

N= variable

n= a calcular

Cuadro 4. Estimación del tamaño de muestra con respecto al total de producción de planta por especie.

N=PLANTAS	1/N	E²	t²	pq	E²/(t²)p*q	E²/(t²)p*q+(1/N)	1/(E²/(t²)p*q+(1/N))
10000	0.0001	0.0025	4	0.25	0.0025	0.0026	384.615385
25000	0.00004	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00254	393.700787
50000	0.00002	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00252	396.825397
75000	1.3333E-05	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00251333	397.877984
100000	0.00001	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00251	398.406375
250000	0.000004	0.0025	4	0.25	0.0025	0.002504	399.361022
500000	0.000002	0.0025	4	0.25	0.0025	0.002502	399.680256
750000	1.3333E-06	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250133	399.78678
1000000	0.000001	0.0025	4	0.25	0.0025	0.002501	399.840064
1250000	0.0000008	0.0025	4	0.25	0.0025	0.0025008	399.872041
1500000	6.6667E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250067	399.893362
1750000	5.7143E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250057	399.908592
2000000	0.0000005	0.0025	4	0.25	0.0025	0.0025005	399.920016
2250000	4.4444E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250044	399.928902

N=PLANTAS	1/N	E²	t²	pq	E²/(t²)p*q	E²/(t²)p*q+(1/N)	1/(E²/(t²)p*q+(1/N))
2500000	0.0000004	0.0025	4	0.25	0.0025	0.0025004	399.93601
2750000	3.6364E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250036	399.941827
3000000	3.3333E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250033	399.946674
3250000	3.0769E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250031	399.950775
3500000	2.8571E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250029	399.954291
3750000	2.6667E-07	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250027	399.957338
4000000	0.00000025	0.0025	4	0.25	0.0025	0.00250025	399.960004

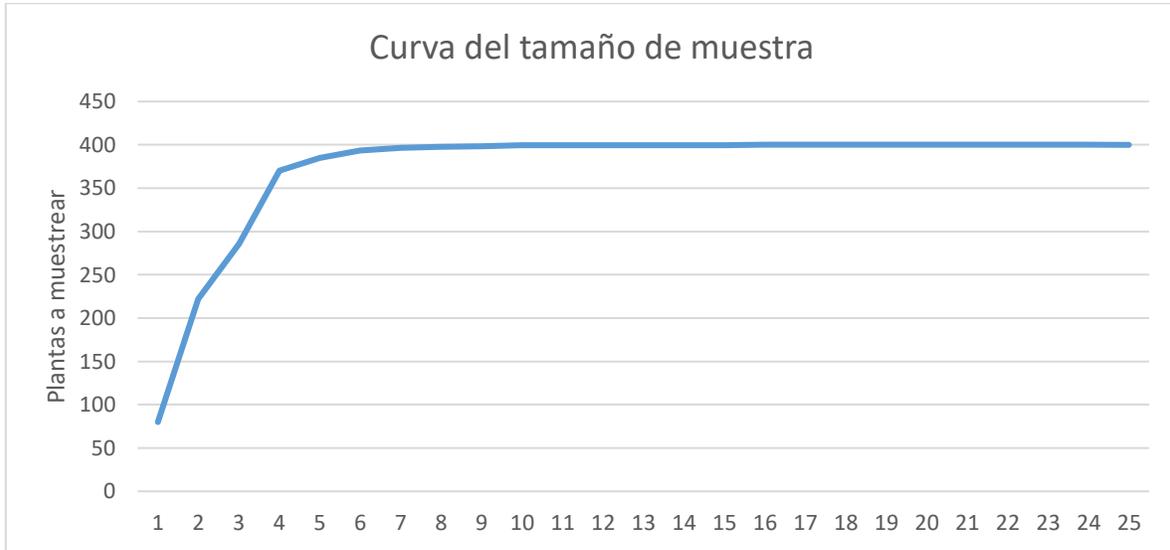


Figura 1. Cantidad de plantas a muestrear, dependiendo de la cantidad de plantas en producción.

Como se puede observar en la Figura 1 y en el Cuadro 4, a partir de una producción de 250,000 plantas la curva se estabiliza en 399 plantas a muestrear, por lo que el tamaño de muestra debe ser por lo menos con una intensidad de 399 plantas, pero para fines prácticos utilizaremos 400 plantas, más un 25 %, esto nos da 500 plantas a muestrear en total.

Si dividimos la cantidad de planta a muestrear entre el número de cavidades de los contenedores se obtienen los datos del Cuadro 5.

Cuadro 5. Tamaño de muestra por número de cavidades del contenedor.

Núm. de cavidades del contenedor	n mínima a muestrear	Contenedores a muestrear	Total de plantas a muestrear	Revisión de cavidades del contenedor	Total, de planta a muestrear
24	400	21	504	Completo 1	504
25	400	20	500	Completo 1	500
54	400	19	1026	½	513
60	400	17	1020	½	510
77	400	17	1309	1/2	654

Como se observa en el Cuadro 5, el número de contenedores o sitios a muestrear está en función del número de cavidades del contenedor. Por lo anterior, se propone que en los contenedores que tienen de 24-25 cavidades, el muestreo se realice en la totalidad de las cavidades y se utilicen 21 y 20 charolas respectivamente; para los contenedores de 54, 60 y 77 cavidades el muestreo se realice en solo la mitad de las cavidades de la charola y el número de charolas a muestrear es 19, 17 y 17 respectivamente. Este método se propone para que no exista un submuestreo o sobre muestreo en los viveros que tienen charolas con distintos números de cavidades.

Por ejemplo, tres viveros que tiene una producción de 100,000 plantas de una misma especie, pero con charolas de 24, 54 y 77 cavidades: si se muestrea el mismo número de charolas en su totalidad (hipotéticamente 17 charolas) tendría la siguiente “n” por vivero:

Cuadro 6. Ejemplo hipotético del tamaño de muestra en tres viveros con charolas con número diferente de cavidades.

Vivero	Número de cavidades contenedor	Contenedor a muestrear	Tamaño de muestra “n”
A	24	17	408
B	54	17	918
C	77	17	1309

Como se puede observar, la intensidad del muestreo en el vivero C es más del 300 % que en el vivero A, siendo que los tres viveros tienen la misma producción de planta. El método propuesto homogeniza la intensidad de muestreo y evita sesgos en la evaluación.

En los viveros que se muestrearan la mitad de la charola se propone que, en el primer sitio se evalúe la planta que está en la mitad más próxima al evaluador y en el siguiente sitio se evalúe la mitad de plantas más lejana, este método se repetirá hasta terminar los sitios a evaluar.

Una vez que se tiene la cantidad de planta y contenedores a muestrear, se propone la siguiente metodología para realizar el muestreo:

- A. El verificador, primero deberá cuantificar el número total de plantabandas, mesas o “hileras de mesas” con contenedores de la especie a muestrear.

- B. Cuantificar la cantidad de contenedores y cavidades (plantas) de producción existentes en las plantabandas (mesas) o “hileras de mesas”.
- C. Elaborar un croquis de distribución de las plantabandas (mesas) o hileras de mesas porta contenedores y pasillos.
- D. Colocarse en el acceso principal del área o sección de producción para cada conjunto de contenedores y numerar las plantabandas (mesas) o “hileras de mesas” asignando el número uno a la hilera ubicada en el extremo izquierdo del conjunto y el último número a la hilera ubicada en el extremo derecho del conjunto.
- E. Cuantificar el número de “filas de contenedores” existentes en cada mesa o “hilera de mesas”. Una fila se considera como al conjunto de contenedores colocados en forma continua y a lo ancho de las mesas o plantabandas.
- F. Multiplicar el número de contenedores de cada mesa por el número de hileras con contenedores.
- G. Una vez que se cuantificaron el total de contenedores de la especie a muestrear. Se descontarán los primeros cinco de la primera hilera del acceso principal. Este dato proporcionará el total de contenedores a muestrear.
- H. Dividir el número total de contenedores entre el número de contenedores o sitios a muestrear (está en función del número de cavidades del contenedor que se utiliza para la producción). El número debe ser entero (no considerar la fracción) del cociente de esta división será el intervalo de filas, correspondiente a la equidistancia entre cada sitio de muestreo o contenedor a evaluar.
- I. Numerar de izquierda a derecha la posición de los contenedores de las filas de contenedores: contenedor a muestrear 1, contenedor a muestrear 2, y así sucesivamente hasta la posición del contenedor en el extremo derecho de la fila.
- J. Localizar y señalar con banderas (preferentemente) o con marcador, los contenedores a muestrear o sitios de muestreo.
 - 1. Los sitios de muestreo se asignarán progresivamente a partir de la primera plantabanda (mesa) o hilera de mesas. Al primer sitio de muestreo se le asignará el número uno.
 - 2. Después avanzar al primer intervalo de contenedores y asignar el sitio dos al contenedor ubicado en la posición dos (independientemente de su

ubicación) esto es para que sea aleatorio el sitio o contenedor a muestrear. Así sucesivamente, hasta localizar el último sitio de muestreo o contenedor que integren el tamaño de muestra asignado (calculado).

3. Al llegar al extremo de la hilera de contenedores de la plantabanda (mesa) o "hilera de mesas" número uno dar la vuelta y continuar avanzando los intervalos en la hilera dos de la mesa, terminando esta hilera, dar la vuelta y continuar así hasta terminar la plantabanda, después pasar a la mesa dos "hilera de mesas" y repetir este proceso hasta asignar el total de contenedores a muestrear (sitio de muestreo).
4. En caso que la producción de una especie se encuentre en diferentes módulos de producción, pero sus condiciones ambientales y de posición sean iguales, y los contenedores tengan las mismas cavidades. Este procedimiento se puede realizar para toda la producción de la especie.
5. Si la especie a evaluar se produce en contenedores con diferente número de cavidades y en diferentes módulos en los cuales sus condiciones ambientales y de exposición son distintas (que modifique el manejo o intervenga de forma distinta en el desarrollo de la planta). Se tendrá que repetir el procedimiento de la A-J. Esto es con fin de evitar sesgos en el muestreo. El resultado se indicará por separado haciendo notar esta condición.

K. Los elementos a evaluar en cada sitio de muestro serán los siguientes:

Se identificarán visualmente síntomas y signos de la presencia o ausencia de algún patógeno en las plantas a muestrear, en el sustrato o contenedor, que represente un daño o potencial de daño en el desarrollo o crecimiento de la planta:

- Síntomas y signos de enfermedad causada por hongos principalmente *Fusarium*.
- Síntomas y signos de daños causados por insectos.
- Daños abióticos.
- Daños físicos.

Con este método se obtendrán los siguientes datos.

- Total, de cavidades de producción que es igual a total de plantas de producción= Número de contenedores X número de cavidades por contenedor.

- Porcentaje total de planta con síntomas (P)= $P / \text{número total de cavidades muestreadas}$. Para obtener el total plantas con síntomas de la producción total, el porcentaje obtenido se multiplica por el total de la producción.
- Porcentaje de cavidades vacías (CV) = $CV / \text{número total de cavidades muestreadas}$. Para obtener el total plantas con síntomas de la producción total, el porcentaje obtenido se multiplica por el total de la producción.
- Porcentaje total de P + CV = $P+ CV / \text{número total de cavidades muestreadas}$. Para obtener el total plantas con síntomas de la producción total, el porcentaje obtenido se multiplica por el total de la producción.
- Por último, se obtiene la planta sin síntomas, este se obtiene de restarle al 100% los porcentajes de la planta con síntomas, muertas y cavidades vacías, y se multiplica por el total de la producción.

Tercero: En cada sitio a muestrear se registrará la siguiente información.

- Número de plantas con signos y/o síntomas de daño (marchitamiento, presencia de insectos, pudrición de cuello de raíz, etc.).
- Cavidades vacías.
- Plantas sanas.

Cuarto: Los datos de la evaluación se registrarán en el formato del Cuadro 7.

Quinto: efectuar los cálculos para determinar: número de plantas con síntomas o signos de patógenos (P), número de cavidades vacías (CV), pérdida total de planta (P+CV+PE), número de planta a extraer (PE), número de planta sana, y calcular el porcentaje que representan cada una de estas variables.

Cuadro 7. Formato de Diagnóstico fitosanitario en viveros forestales.

VIVERO:				INSTANCIA:				META DE PRODUCCIÓN									
MODULO:								FECHA DE EVALUACIÓN									
ESPECIE:																	
Núm. De charola	Núm. De cavidades por charola, contenedor, etc.			Condiciones fitosanitarias												Observaciones (Síntomas)	
				Núm. de plantas con síntomas de daño													
	Fusarium	Severidad (Clases)				Mosca fungosa	Severidad (Clases)				Fusarium + Mosco fungoso	Otros; plagas, enfermedades, daños físicos y abióticos : Mencionar cual	Total				
0		1	2	3	0		1	2	3								
Con planta	Vacías	Total															
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
Total:																	
Porcentaje afectado																	
																Cavidades con planta:	
																Planta con daños a extraer:	
																Total de planta afectada + Cavidades vacías:	
																Planta sana:	
																Planta en existencia:	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Guía de llenado del Formato de Diagnóstico fitosanitario en viveros forestales

Evaluación de incidencia

La incidencia es la presencia de la plaga o enfermedad en la planta o sustrato, indica la cantidad de plantas enfermas y/o con plaga con respecto a la totalidad de las plantas evaluadas.

Se utilizará la siguiente ecuación para medir incidencia:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Total de plantas con plaga y/o enfermedad}}{\text{Total de plantas evaluadas}} 100$$

Primero: en cada contenedor o sitio de muestreo se evaluará cuantas plantas presentan signos y/o síntomas (P) (en este caso se considera la intensidad).

Segundo: se cuentan la cantidad de cavidades vacías (CV) que tiene el contenedor o sitio de muestreo; la ausencia de planta se puede atribuir a afectaciones por *Fusarium* o mosca fungosa negra.

Tercero: si las CV se deben a *Fusarium* y/o mosca fungosa negra, se realiza la siguiente operación P + CV, y este dato se aplica en la fórmula de % de incidencia, este resultado nos da la incidencia por contenedor o sitio de evaluación.

Cuarto: se calcula el promedio de los contenedores o sitios evaluados y el resultado es la incidencia de la plaga y/o enfermedad.

Ejemplo de la metodología considerada para la evaluación de incidencia y severidad para *Fusarium circinatum* y *F. oxysporum*. Así como para mosca fungosa negra *Bradysia impatiens* y *Lycoriela ingenua*.

Incidencia:

Formulas:

$$\% \text{ de incidencia} = \left(\frac{\text{Total de plantas con plaga y/o enfermedad}}{\text{Total de plantas evaluadas}} \right) (100)$$

$$\% \text{ de incidencia} = \left(\frac{\text{Total de plantas con plaga o enfermedad} + \text{total de plantas eliminadas por presencia de plaga o enfermedad}}{\text{Total de plantas evaluadas}} \right) (100)$$

Ejemplo 1. Sí tenemos un contenedor de 25 cavidades y todas con planta, de las cuales seis presentan síntomas y signos de enfermedad por *Fusarium* o mosca fungosa negra, entonces:

$$\% \text{ de incidencia} = \left(\frac{6}{25} \right) (100) = 24\%$$

Ejemplo 2. Sí tenemos un contenedor de 25 cavidades, de las cuales 3 plantas fueron removidas por presencia de *Fusarium* o mosca fungosa negra y otras seis presentan síntomas y signos de enfermedad por las mismas plagas, entonces:

$$\% \text{ de incidencia} = \left(\frac{6 + 3}{25} \right) (100) = 36\%$$

Nota: Este procedimiento para evaluar incidencia se aplica a cualquier plaga en vivero.

Este método evalúa la planta existente, no contempla las cavidades sin planta o vacías.

Para la siguiente evaluación de Incidencia y severidad se establecieron escalas visuales de secadera y pudrición de raíz para *P. cembroides* a los 4 y 6 meses de edad (Figuras 2 y 3) y *P. devoniana* a los 10 meses de edad (Figura 4).

Evaluación de severidad de *Fusarium circinatum*

Para evaluar la severidad de *F. circinatum* se generó una escala de severidad con cuatro clases: 0: Planta sana, no clorosis o necrosis, 1: Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice, 2: Follaje marrón rojizo mayor del 50% y doblamiento del ápice y 3: Planta muerta (Figura 2, 3 y 4). Esta metodología se ajustó de acuerdo a las necesidades de los técnicos responsables del vivero, con la finalidad de que les sea fácil y practica en la evaluación, conforme se familiarice con la escala podrá asignar un valor más estricto para cada planta evaluada a fin de obtener una evaluación más precisa de la severidad que causa *Fusarium* en el desarrollo de la producción de planta en vivero. Los datos de los puntos de muestreo se vacían en el apartado de condiciones fitosanitarias (severidad) del formato de diagnóstico fitosanitario en viveros forestales (Cuadro 7). Al final, se suma cada clase para obtener un total de cada una de ellas. Con estos datos, se aplica la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de severidad de la secadera causada por *F. circinatum*. Esta evaluación de severidad es para un tiempo determinado del ciclo de desarrollo de la planta.

$$PS = \left(\frac{NP0(0) + NP1(1) + NP2(2) + NP3(3)}{NP*(NC)} \right) * 100$$

PS = Porcentaje de severidad de la secadera

NP0 = Número de plantas con valor 0 en la escala

NP1 = Número de plantas con valor 1 en la escala

NP2 = Número de plantas con valor 2 en la escala

NP3 = Número de plantas con valor 3 en la escala

NP= Numero de plantas totales

NC= Numero de categorías

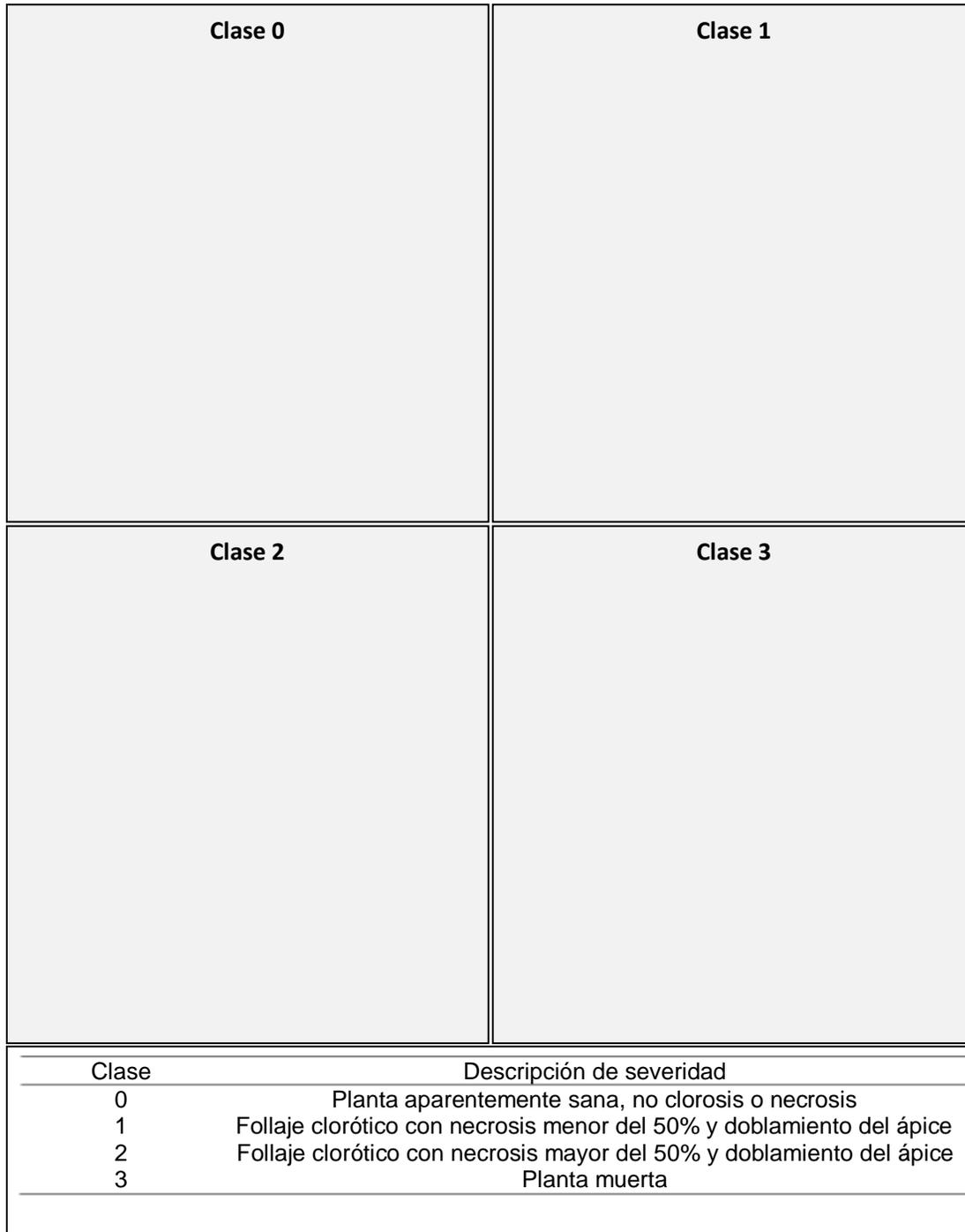


Figura 2. Escala diagramática de severidad de la secadera (*Fusarium circinatum*) en *Pinus canariensis* (4 meses de edad).

Clase	Descripción de severidad
0	Planta aparentemente sana, no clorosis o necrosis
1	Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice
2	Follaje clorótico con necrosis mayor del 50% y doblamiento del ápice
3	Planta muerta

Clase 0	Clase 1
Clase 2	Clase 3
Clase	Descripción
0	Planta aparentemente sana, no clorosis o necrosis
1	Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice
2	Follaje marrón rojizo mayor del 50% y doblamiento del ápice
3	Planta muerta

Figura 3. Escala diagramática de severidad de la secadera (*Fusarium circinatum*) en *Pinus cembroides* (6 meses de edad).

Clase	Descripción
0	Planta aparentemente sana, no clorosis o necrosis
1	Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice
2	Follaje marrón rojizo mayor del 50% y doblamiento del ápice
3	Planta muerta

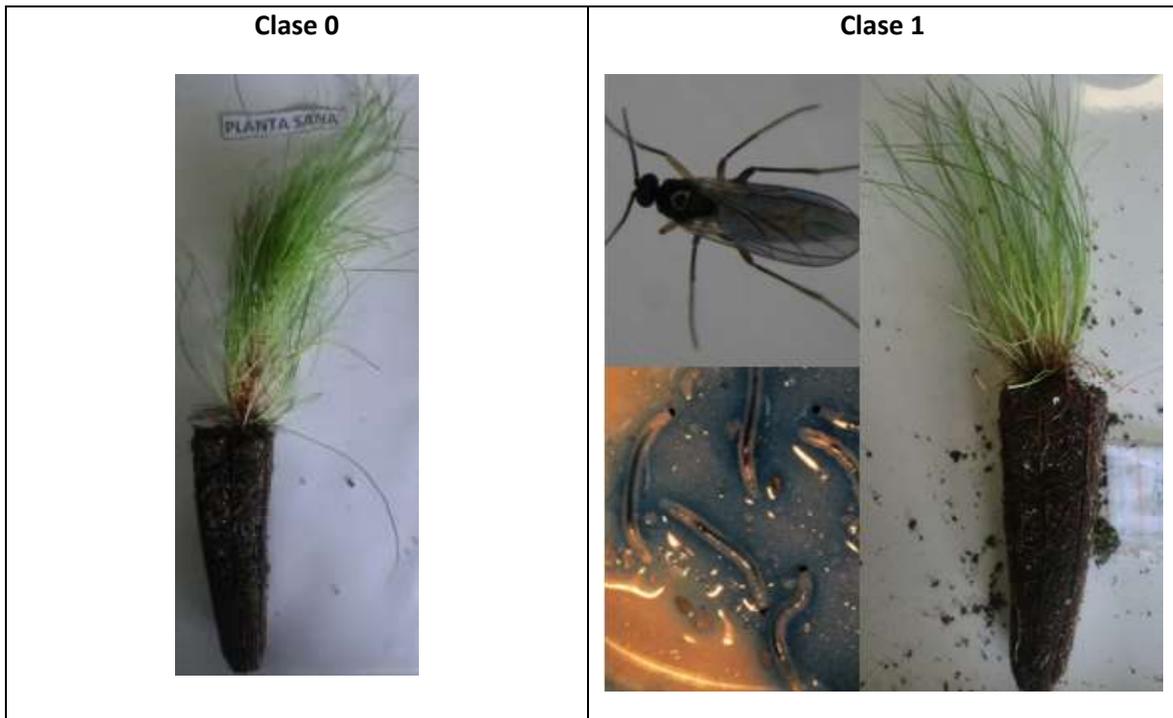
Clase 0	Clase 1
Clase 2	Clase 3
Clase	Descripción de severidad
0	Planta aparentemente sana, no clorosis o necrosis
1	Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice
2	Follaje clorótico con necrosis mayor del 50% y doblamiento del ápice
3	Planta muerta

Figura 4. Escala diagramática de severidad de la secadera (*Fusarium oxysporum*) en *Pinus devoniana* (10 meses de edad)

Clase	Descripción de severidad
0	Planta aparentemente sana, no clorosis o necrosis
1	Follaje clorótico con necrosis menor del 50% y doblamiento del ápice
2	Follaje clorótico con necrosis mayor del 50% y doblamiento del ápice
3	Planta muerta

Evaluación de severidad de *Bradysia impatiens*

Para evaluar la severidad de *B. impatiens* se generó una escala de severidad con cuatro clases: 0: Planta sana 1: Follaje aparentemente sano sin síntomas, presencia de adultos y larvas de mosco fungoso, 2: Follaje amarillo, presencia de adultos y larvas de mosco fungoso 3: Planta muerta, raíz con pudrición, presencia de larvas y adultos, excretas en raíz y desprendimiento de corteza. Esta metodología se ajustó de acuerdo a las necesidades de los técnicos responsables del vivero, con la finalidad de que les sea fácil y practica en la evaluación, conforme se familiarice con la escala podrá asignar un valor más estricto para cada planta evaluada a fin de obtener una evaluación más precisa de la severidad que causa mosco fungoso en el desarrollo de la producción de planta en vivero. Los datos de los puntos de muestreo se vacían en el apartado de condiciones fitosanitarias (severidad) del formato de diagnóstico fitosanitario en viveros forestales (Cuadro 7). Al final, se suma cada clase para obtener un total de cada una de ellas. Con estos datos, se aplica la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de severidad de la secadera causada por mosca fungosa. Esta evaluación de severidad es solo para el momento de la evaluación del de desarrollo de la planta.



Clase		Clase3	
 		 	
Clase	Descripción		
0	Planta sana. Sin adultos y larvas de mosca fungosa negra.		
1	Planta aparentemente sin daños. Presencia de larvas y adultos de mosca fungosa negra.		
2	Planta con síntomas iniciales de amarillamiento e inicio de pérdida de vigor, presencia de larvas y adultos.		
3	Planta muerta. Follaje marchito, follaje marchito, cuello de raíz, esponjoso, desprendimiento de corteza de la raíz, plantas muertas, xilema y floema consumido por larvas, presencia de signos larvas, adultos y excrementos dentro del cuello de la raíz.		

Figura 5. Escala diagramática de severidad de mosco fungoso negro (*Bradysia impatiens*) en *Pinus devoniana* (9 meses de edad).

CONCLUSIONES

El tamaño de muestra ajustado permite que no se sobreestimen o subestimen el uso de contenedores con diferente número de cavidades, homogenizando el tamaño de muestra para los diferentes viveros cavidades.

Este método de medición de incidencia y severidad permite evaluar en forma practica y sencilla en el campo con alta precisión, lo que le permite el evaluador y productor saber el grado de daño que se tiene en el vivero y poder establecer estrategias de manejo.

LITERATURA CONSULTADA

- Agrios, N.G. 2005. Plant Pathology, Fifth Edition. Elsevier Academic Press, Inc. San Diego, California, USA592 p.
- Argueda, G.M., Rodríguez, S.M., Guevara, B.M., Esquivel, S.E., Sandoval, R.S., Briceño, E.E. 2019. Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* y *Rhabdopterus* sp., en plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L.f bajo distintas modalidades de control de arvenses. Agronomía Costarricense 43(1): 9-19.
- Cibrián, T.D. 2017. Fundamentos de Entomología Forestal. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 531.
- García, D.S.E., Aldrete, A., Alvarado, R.D., Cibrián, T.D., Méndez, M.J.T. Valdovinos, P.G., Equihua, M.A. 2017. Efecto de *Fusarium circinatum* en la germinación y crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* en tres sustratos. Agrociencia 51: 895-908.
- García, R.D.A. 2013. Incidencia y severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y evaluación de alternativas químicas para su control; finca el Platanar, Sistematización de práctica profesional. Tesis Profesional. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 61 p.
- Hernández, R. L y Sandoval I.JS. 2015. Escala diagramática de severidad para el Complejo Mancha de Asfalto del maíz. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 95-103.
- Marín-Cruz, V. H., D. Cibrián-Tovar, J. T. Méndez-Montiel, O. A. Pérez-Vera, J. A. Cadena-Meneses, H. Huerta, G. Rodríguez-Yam, y J. A. Cruz-Rodríguez. 2015. Biología de *Lycoriella ingenua* y *Bradysia impatiens* (Díptero: Sciaridae). Madera Bosques 21: 113-128.
- Norma Mexicana (NMX-AA-170-SCFI-2016). Certificación de la Operación de Viveros Forestales. 194 p.
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Normatividad%20Vigente/NMX-AA-170-SCFI-2016.pdf>.

Sauceda, A.C.P., Lugo, G.G.A., Villaseñor, M.H.E., Partida, R.L. 2015. Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) en trigo. Revista Fitotecnia Mexicana 38 (4) 427-434.