



Mapas de **Riesgo**

Manual para la interpretación de los mapas de riesgos epidemiológicos

INDICE

1. Introducción

1.1 Antecedentes
1.2 Objetivo
1.3 Escala

2. Interpretación de mapas

2.1 Metodología de elaboración.....
2.1.1 Hospederos.....
2.1.2 Condiciones de confort
2.1.3 Mapas de riesgos
2.2 Representación gráfica. Símbolos y colores.
2.2.1 Hospederos.....
2.2.2 Condiciones de confort
2.2.3 Mapa de riesgos.....

3. Ejemplo de interpretación de mapas de riesgo

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los mapas de riesgo epidemiológicos surgen a partir de la necesidad de ubicar sitios que reúnen condiciones climáticas y ambientales para que una plaga o enfermedad se establezca, basándose en sus hospederos, tanto primarios como secundarios. Los primeros mapas de riesgos a plagas, avalados científicamente, son los publicados por la Cooperative Agricultural Pest Survey Program (CAP's), difundidos a partir del programa NAPPFAST y elaborados dentro de un proyecto de investigadores de la Universidad de Carolina del Norte (USA), APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service) y la compañía de informática y tecnología ZedX, inc. Los mapas se encuentran dentro de la página web <http://www.nappfast.org> organizados en un TOP con 50 plagas que afectan la producción agrícola y forestal de los Estados Unidos. Internacionalmente existen otros ejemplos en donde el uso de mapas de riesgos es indispensable para la gestión y el manejo de plagas agrícolas. Ejemplo de estos son "Locust watch" administrada por la FAO, donde se monitorea la langosta del desierto en la región norte de África y el sur de Europa; y el SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas) que se encarga de vigilar el estado fitosanitario de las plagas que atacan a ese país.

En México se ha tratado de incorporar dentro de la vigilancia fitosanitaria el uso de cartografía y modelos computacionales, ejemplos de esto son el Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Guanajuato (SIAFEG) y el Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Sonora (SIAFESON) donde se realiza un seguimiento constante de las plagas que afectan a cada uno de estos estados. Sin embargo, hoy en día se necesita extrapolar ese tipo de información a todo el país, donde los mapas de riesgos sean un insumo para conocer los lugares que podrían ser afectados y así poder tomar decisiones, con un sentido de prevención, para el buen manejo y control de las plagas agrícolas. Con esto, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, a través del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, creo el proyecto del Sistema Nacional de Vigilancia Fitosanitaria Epidemiológica (SINAVEF), que tiene como misión integrar las acciones de vigilancia epidemiológica fitosanitaria del sector gubernamental, la comunidad científica y los productores agrícolas, para ofrecer una plataforma informática sustentada en bases científicas sólidas con el uso de la mejor tecnología, que proporcione elementos técnicos de calidad (mapas de riesgo epidemiológicos) que de soporte a las políticas públicas y las acciones de los productores en la prevención, control y/o erradicación de plagas reglamentadas.

1.2 Objetivo

Los mapas de riesgos epidemiológicos elaborados por el Laboratorio Nacional de Geoprocusamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF) del SINAVEF tienen como objetivo ubicar sitios potenciales para la presencia de plagas reglamentadas y reconocer la intensidad probabilística de daño, con el fin de establecer medidas fitosanitarias preventivas. Además, ubicar las zonas agrícolas de los principales sistema producto en riesgo, definir los hospederos potenciales, reconocer las condiciones físicas-climáticas óptimas en donde las plagas se reproducen y habitan, identificar las zonas que cumplan condiciones de confort térmico para cada plaga y localizar las principales zonas dañadas por la posible afectación de la plaga y cuantificar el daño (económico-ambiental).

1.3 Escala

La escala utilizada para el análisis de información será a nivel municipal, ya que la mayor parte de la información estadística (bases de datos del SIAP) y cartográfica (información temática de INEGI escala 1:250,000) se registra a este nivel. La escala de visualización de los mapas de riesgos será aproximadamente de 1:8,000,000, por lo que características muy locales no podrán ser observadas en estos mapas, solo elementos de dimensiones espaciales representativos a nivel nacional. Se puede establecer que la unidad mínima de representación cartográfica de los mapas de riesgo es nivel municipal.

2. INTERPRETACIÓN DE MAPAS

2.1 Metodología de elaboración

La metodología usada en la elaboración de los mapas de riesgo, se basa en la usada por NAPPFAST, teniendo algunas modificaciones en el uso de mapas temáticos e imágenes de satélite. La estructura de los mapas de riesgos se basa en dos grupos de variables: hospederos y condiciones de confort (ambientales y modelos biológicos).

2.1.1 Hospederos

Este mapa define la densidad relativa de cultivos hospedantes susceptibles a plagas que potencialmente se pueden establecer en ellos. Para la creación de estos mapas se utilizaron las bases de datos del SIAP (<http://www.siap.gob.mx/index.php?idCat=107>) que reporta 50 sistemas producto del país. Esta información es exclusiva para cultivos agrícolas, señala superficie sembrada y cosechada, rendimientos, productividad y se reporta para cada municipio del país. Los hospederos de cada plaga (Top 7 SINAVEF) se obtuvieron

Manual para la Interpretación de los Mapas de Riesgo Epidemiológicos

de diferentes fuentes, siendo una de las principales el Inventario Nacional de Plaga, el Crop Protection Compendium y literatura científica. Se ordenaron en hospederos primarios y secundarios, los primeros son los más comunes o preferidos por la plaga y los secundarios donde se encuentran pero con menos frecuencia. Una vez identificados fueron ordenadas en bases de datos e incorporados al SIG ArcGIS. La cartografía fue editada, utilizando la tabla de colores de NAPFAST, se agregaron referencias espaciales y se exporto a formatos digitales compatibles. Los mapas de hospederos serán actualizados conforme se tenga acceso a diferente información.

El procedimiento específico se obtuvo de la siguiente manera:

- 1) A través de referencias bibliográficas o fichas técnicas se obtienen los hospederos primarios y secundarios de la plaga. Se realiza una lista.
- 2) Las estadísticas son extraídas del SIAP en hojas de cálculo (Excel) por municipio. La variable de interés es superficie sembrada.
- 3) Dependiendo del número de hospederos (tipo de cultivo) las superficies son sumadas para tener un total general por municipio.
- 4) Se divide el total de superficie de hospedero entre la superficie agrícola del municipio (Figura 2).

Municipio	Superficie agrícola (ha)	Hospederos (ha)				
		Limón	Naranja	Platano	Total	Densidad
Los Reyes	8542	542	987	635	2164	25.33
Poza Rica de Hidalgo	9687	1258	987	365	2610	26.94

El diagrama ilustra el cálculo de la densidad de hospederos. Una línea roja muestra la suma de las superficies de los hospederos (Limón, Naranja, Platano) para obtener el total. Una línea azul muestra la división del total de superficies de hospederos entre la superficie agrícola total para obtener la densidad.

Figura 2. Ejemplo del cálculo de superficie por hospederos

En caso de contar con datos sobre hospederos silvestres y forestales, estos se ingresan de la misma forma que los hospederos agrícolas. Tanto los hospederos agrícolas, silvestres y forestales son sumados y se obtiene la densidad por municipio. El resultado es un mapa de hospederos primarios. Para el caso de los hospederos secundarios se sigue el mismo procedimiento: Hospederos secundario agrícola + hospederos secundario silvestre y forestal = Mapa de hospedero secundario.

Una vez teniendo el mapa de hospederos primarios y secundarios, estos son sobrepuestos por medio de un análisis multivariado dentro del SIG (ArcGIS, ILWIS o IDRISIS). Para eso, los datos en los mapas de primarios y secundarios deben estar estandarizados. Posteriormente se les da peso a cada uno de los mapas, en donde al hospedero primario se le va dar una importancia del 0.66 y al hospedero secundario 0.34 (Figura 3) Con este método no se deja ningún espacio sin valor.

Algo importante es mencionar que en este proceso no se suman las superficies de hospederos secundarios y primarios, sino que se representa la predominancia de cada uno de ellos a través de una multiplicación de sus propios valores.

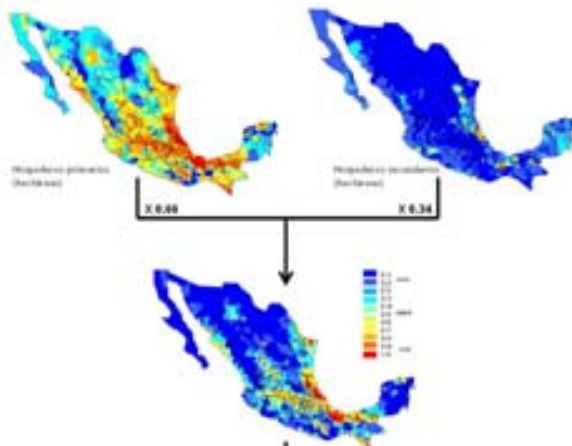


Figura 3. Método para obtener el mapa de hospederos potenciales y su representación

El resultado del procedimiento multivariado es un mapa de índice de hospedantes, con valores que van de 0 a 1, donde 0 representa ausencia total de hospederos (ya sea primarios o secundarios) y 1 representa presencia de hospederos en casi la totalidad de la superficie agrícola de ese municipio.

2.1.2 Condiciones de confort

El mapa LaNGIF tiene la función de mostrar las zonas que reúnen las condiciones de confort (ambientales y climáticas) de la plaga. Este mapa se crea a partir de tres fuentes de información: 1) modelos biológicos, conformado por el mapa de grados días de desarrollo (GDD); 2) NDVI, mapa generado a partir del uso de imágenes NOAA; y 3) condiciones ambientales óptimas.

Modelo biológico: el modelo biológico de la plaga es generado a partir de información climática y será conocido como mapa de Grados Días de Desarrollo (GDD). El mapa de GDD, representa el confort térmico idóneo para que la plaga crezca y sobreviva. El potencial para que se reproduzca la plaga está determinado por los grados días o por el número de días favorables para la infección (de huevo a adulto). Además se incluye el dato de temperatura base (TB) inferior y superior umbral. Los datos de TB y GDD se obtuvieron de literatura científica y del Insect Development Database (NAPFAST, 2007). Se extrajeron de la base de datos del ERIC III las temperaturas máximas y mínimas de todas las estaciones del país que hayan tenido registro por más de 30 años. Se promediaron estas dos para sacar la temperatura media por día de cada estación. En MATLAB se programó a través de fórmulas para obtener los grados días mensuales y acumulados por estación, posteriormente se interpolaron en un SIG para su representación. Dependiendo de

los GDD que registra cada plaga se diseñó un dominio que representa el número de generaciones que se formarían en un año. Además, en algunos casos se aplicaron modelos, como los de Máxima-entropía, que genera una interpolación espacial de 19 variables climáticas (niveles de temperatura, humedad, precipitación, entre otros) y se comprobaron los grados días de desarrollo con las temperaturas promedio para el mes o año que se esté manejando. En el caso de que se haya utilizado alguno de estos dos métodos, la información se ingresó al mapa de grados días de desarrollo a partir de un modelo multivariado, de esa forma se le daría un nivel de importancia a cada uno de los mapas (figura 4).

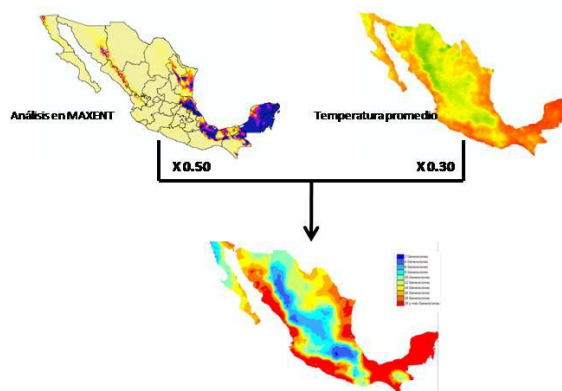


Figura 4. Método para obtener el mapa de modelo biológico.

Los valores más bajos estarán representados con el color azul y mostrará el número de generaciones más bajo para un año; mientras que de color rojo mostrará los sitios con mayor número posible de generaciones para un año.

NDVI: Las imágenes de satélite utilizadas fueron NOAA – AVHRR con resolución por pixel de 1100 x 1100 m. Estas imágenes cubren el total de la superficie del país y parte del sur de los Estados Unidos, Guatemala y Belice. De ellas se trabajó el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI), que se obtiene con una banda infrarroja (B4) y una banda visible (B3) y que mide la humedad de la vegetación y sirve como indicador de la salud vegetal. Sobre las imágenes se sobrepusieron los muestreos de las campañas fitosanitarias de cada una de las plagas trabajadas, tratando de que coincidiera la fecha de toma de la imagen con la del día del muestreo, se obtuvo el valor para cada punto y se graficó su comportamiento espectral. Con esto se establecieron rangos de NDVI para cada estatus de las plagas. Con estos datos se crearon rangos (alto, medio y baja probabilidad) y se localizaron, por medio de operaciones booleanas, el índice normalizado para cada punto. Esta operación facilita la ubicación de sitios que tienen características de humedad (en vegetación) y puede deducirse la cantidad de biomasa que requieren algunas plagas para alimentarse. La continuidad con que se reciben las imágenes (toma diaria) hace que se le pueda dar seguimiento constante a la humedad y salud de la vegetación.

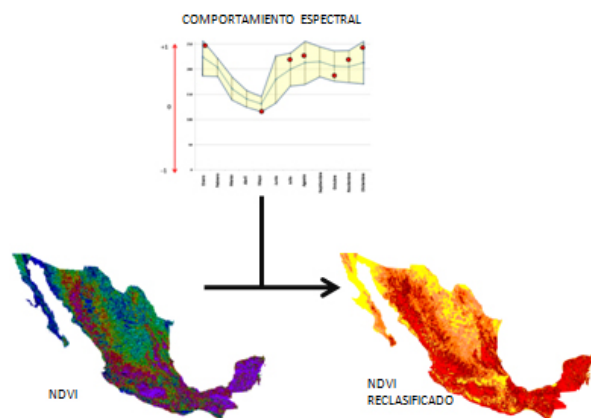


Figura 5. Método de reclasificación de la imagen de satélite.

Condiciones ambientales óptimas: las características ambientales en donde se reproduce cada plaga se obtuvieron de reportes epidemiológicos, fichas técnicas y de literatura en general. También se utilizó los muestreos (en caso de que existieran) hechos por las campañas fitosanitarias. Una vez reconocidas las variables (ambientales) que influyen en la localización de una plaga se recopiló cartografía temática de diferentes fuentes (INEGI, CONABIO, etc.), es decir, si la plaga responde al clima y al tipo de suelo, el muestreo era sobrepuesto con estas fuentes cartográficas. Por último, con métodos de decisión multicriterio aplicados en SIG, se extrajeron cada una de las variables, dándoles rangos de decisión, a partir de eso se generó un índice que mostraba el nivel de influencia de cada mapa temático.

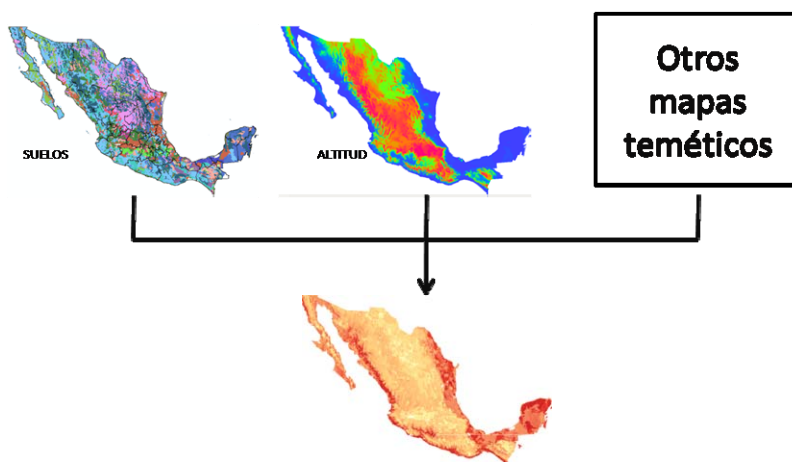


Figura 6. Método para obtener las condiciones ambientales óptimas

Por último, el mapa de condiciones óptimas, el NDVI y el de GDD son sobrepuestos a través de análisis multivariado en un SIG, obteniendo el mapa de confort (figura 7). Los rangos se establecieron en la escala del 1 al 10, donde el primer valor especifica que la plaga tiene pocas condiciones climáticas para su sobrevivencia, existen condiciones ambientales poco idóneas y la humedad y

biomasa no son estables para su propagación. En el caso del valor 10 presenta todo lo contrario.

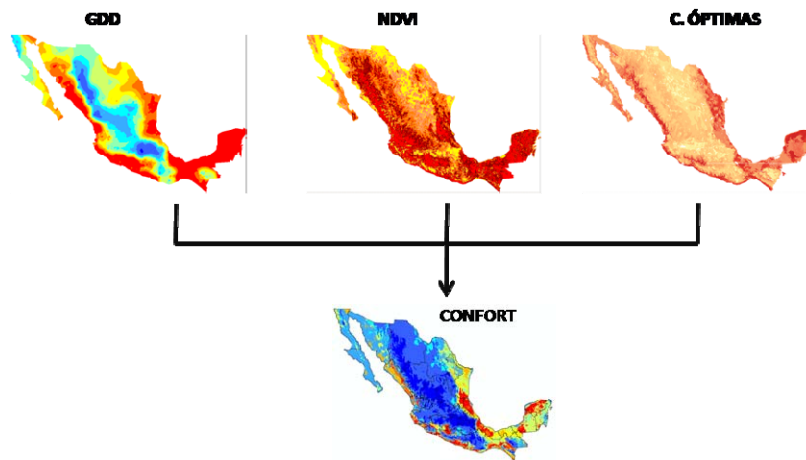


Figura 7. Método para obtener las condiciones de confort.

2.1.3 Mapa de riesgos

El mapa de riesgos es la combinación del mapa de hospederos y del de confort (mapa LaNGIF). Estos mapas fueron sobrepuestos con procedimientos de análisis multivariado, donde se les dio el mismo peso para el análisis. La operación mejor descrita es que si en el mapa de hospedero hay un municipio con una densidad de 0.5 y en el mapa de confort se reporta 0.3, en el mapa de riesgos aparecerá un rango de 0.4. La edición final fue estandarizada para todos los mapas trabajados, la cual fue tomada de los elaborados por NAPPFAST.

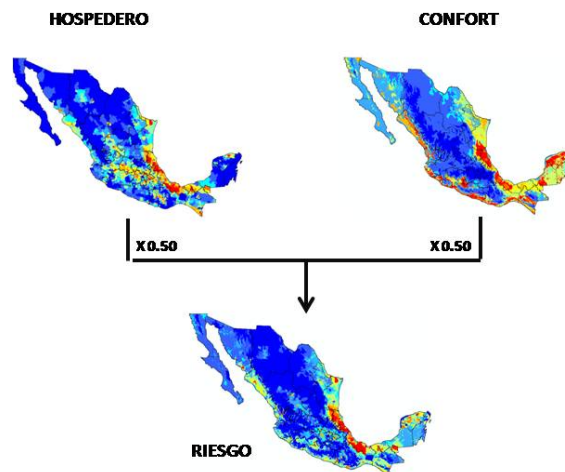



Figura 8. Método para obtener las condiciones de confort.









2.2 Representación gráfica. Símbolos y colores

La leyenda de todos los mapas tendrá una escala de 10 niveles. Cada uno de ellos representará la intensidad del hospedante, del confort o del riesgo. La gama de colores estará representada con las siguientes combinaciones.

	Combinación RGB (Red, Green, Blue)	Valor en índice	Valor cualitativo
	0, 0, 255	0.0	Nulo
	54, 97, 255	0.1	Muy bajo
	56, 172, 255	0.2	Bajo
	0, 255, 255	0.3	
	145, 255, 180	0.4	Medio
	210, 255, 105	0.5	
	255, 255, 0	0.6	Alto
	255, 183, 0	0.7	
	255, 111, 0	0.8	Muy alto
	255, 0, 0	0.9 hasta 1.0	

2.2.1 Hospederos

En caso del mapa de hospederos la leyenda tendrá el nombre de índice de densidad y estará representado con datos que van de 0.0, en el nivel más bajo, a 0.9 que indicará el nivel más alto. Más específicamente:

	0.0	Significa que no existe ningún hospedero secundario o primario, forestal o agrícola.
	0.1	Significa que el municipio tiene menos o hasta el 10% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.2	Significa que el municipio tiene del 11 al 20% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño..
	0.3	Significa que el municipio tiene del 21 al 30% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.4	Significa que el municipio tiene del 31 al 40% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.5	Significa que el municipio tiene del 41 al 50% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.6	Significa que el municipio tiene del 51 al 60% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.7	Significa que el municipio tiene del 61 al 70% de la superficie

Manual para la Interpretación de los Mapas de Riesgo Epidemiológicos

		agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.8	Significa que el municipio tiene del 71 al 80% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.
	0.9 o <	Significa que el municipio tiene del 81% o hasta el 100% de la superficie agrícola o forestal con hospederos con posibilidad de daño.

Cabe aclarar que los datos de hospederos agrícolas fueron obtenidos de los sistema-producto de las base de datos del SIAP, si no se reporta dentro de esa base de datos no se incluye en los mapas, aunque se sepa que exista el hospedero en el sitio. En el caso de los hospederos forestales, si se tiene alguna fuente georeferenciada se incluye, sino solo se deja las fuentes agrícolas.

2.2.2 Condiciones de confort

En el mapa de condiciones de confort (Mapa LaNGIF) la leyenda será mostrada con un índice, donde el valor 0.0 significará que la plaga tiene pocas condiciones climáticas para su sobrevivencia, existen condiciones ambientales poco idóneas y la humedad y biomasa no son estables para su propagación; el valor 0.9 o más significa que tiene todo lo contrario. En este mapa se marcaran algunos sitios en donde no se ha registrado nunca la presencia de plagas, pero por los métodos de extrapolación y las dimensiones (nivel nacional) que se usan, aparecerán como marcados.

0.0	No existen condiciones de confort (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.1	Existen condiciones de confort en un 10% o menos de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.2	Existen condiciones de confort en un 11% a 20% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.3	Existen condiciones de confort en un 21% a 30% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.4	Existen condiciones de confort en un 31% a 40% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.5	Existen condiciones de confort en un 41% a 50% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
0.6	Existen condiciones de confort en un 51% a 60% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.

Manual para la Interpretación de los Mapas de Riesgo Epidemiológicos

	0.7	Existen condiciones de confort en un 61% a 70% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
	0.8	Existen condiciones de confort en un 71% a 80% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.
	0.9 o <	Existen condiciones de confort en un 81% hasta el 100% de la superficie (GDD, humedad, condiciones ambientales o climáticas) para que la plaga se reproduzca.

En el mapa de Grados Días de Desarrollo la leyenda dependerá de las posibles generaciones que se formen para cada plaga. En este caso, habrá plagas que lleguen a solo 5 generaciones al año y otras tendrán más de 20, depende de los días que necesite la plaga para completar su ciclo Huevo-adulto.




	1	Significa que tendrá 1 generación de la plaga al año.
	2	Significa que tendrá 2 generaciones de la plaga al año.
	3	Significa que tendrá 3 generaciones de la plaga al año.
	4	Significa que tendrá 4 generaciones de la plaga al año.
	5	Significa que tendrá 5 generaciones de la plaga al año.
	6	Significa que tendrá 6 generaciones de la plaga al año.
	7	Significa que tendrá 7 generaciones de la plaga al año.
	8	Significa que tendrá 8 generaciones de la plaga al año.
	9	Significa que tendrá 9 generaciones de la plaga al año.
	10	Significa que tendrá 10 o más generaciones de la plaga al año.

2.2.3 Mapas de riesgo

La leyenda de los mapas de riesgos indica la probabilidad de que el sitio pueda ser afectado por la plaga, considerando la superficie hospedante y las condiciones de confort de la plaga. En el caso del valor más bajo 0.0 especifica que no hay riesgo de ningún tipo, el valor 0.9 o más indica que el riesgo es muy alto de que la plaga pueda afectar, o que encuentre todas las condiciones para que se establezca, se reproduzca y cause daño.

	0.0	No existen probabilidades de riesgo
	0.1	Las posibilidades de riesgo son menores o igual a un 10% (Riesgo muy bajo)
	0.2	Las posibilidades de riesgo son de un 11 a 20% (Riesgo bajo)
	0.3	Las posibilidades de riesgo son de un 21 a 30% (Riesgo bajo)
	0.4	Las posibilidades de riesgo son de un 31 a 40% (Riesgo medio)
	0.5	Las posibilidades de riesgo son de un 41 a 50% (Riesgo medio)
	0.6	Las posibilidades de riesgo son de un 51 a 60% (Riesgo alto)

Manual para la Interpretación de los Mapas de Riesgo Epidemiológicos

	0.7	Las posibilidades de riesgo son de un 61 a 70% (Riesgo alto)
	0.8	Las posibilidades de riesgo son de un 71 a 80% (Riesgo muy alto)
	0.9 o <	Las posibilidades de riesgo son de un 81 hasta 100% (Riesgo muy alto)