



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

**PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA
CUANTITATIVA PARA EL ANÁLISIS DE
RIESGO DE PLAGAS, CASO
COCHINILLA ROSADA DEL HIBISCO
(*Maconellicoccus hirsutus* Green) EN
AGUACATE**

ERIK ACUAYTE VALDES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2012

La presente tesis titulada: **PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA CUANTITATIVA PARA EL ANALISIS DE RIESGO DE PLAGAS, CASO COCHINILLA ROSADA DEL HIBISCO (*Maconellicoccus hirsutus* Green) EN AGUACATE** realizada por el alumno: **ERIK ACUAYTE VALDÉS** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dr. José Sergio Sandoval Islas

DIRECTORA

Dra. Martha Aguilera Peña

ASESOR

Mc. Emilio Castillo Márquez

ASESOR

Dr. Javier Hernández Morales

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2012.

**PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA CUANTITATIVA PARA EL ANÁLISIS
DE RIESGO DE PLAGAS, CASO COCHINILLA ROSADA DEL HIBISCO
(*Maconellicoccus hirsutus* Green) EN AGUACATE**

**ERIK ACUAYTE VALDES
COLEGIO DE POSTGRADUADOS 2012**

RESUMEN

A nivel internacional existe una tendencia hacia la predicción de probabilidades para planeación de estrategias de manejo del riesgo de plagas. Esta investigación propone una herramienta cuantitativa para el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), con un estudio de caso: Cochinilla Rosada del Hibisco en aguacate. El método se basa en el uso de árboles de decisión, datos estadísticos, conocimiento del ambiente, del cultivo y biología de la plaga. Mediante encuestas a expertos se obtuvieron valores de probabilidad, en escala de 1 a 100. Se encontró que la probabilidad de entrada de la plaga aumentaría si las inspecciones en puntos de ingreso y cordones fitosanitarios fueran eliminadas. La probabilidad de establecimiento es alta debido al gran número de hospederos y zonas con ambiente favorable. La movilización de vegetales infestados constituye la mayor probabilidad de dispersión. México es el principal productor y exportador internacional de aguacate, con la dispersión y establecimiento de la CRH se afectarían más de 100 mil hectáreas cultivadas con este frutal, los incrementos en costos de producción y manejo postcosecha causarían enormes pérdidas económicas y problemas sociales (SAGARPA, 2009). La herramienta propuesta puede ser la base para desarrollar estudios posteriores dirigidos a la elaboración del ARP cuantitativo, ya que los árboles de decisión son una herramienta efectiva para predecir probabilidades, de fácil entendimiento, permiten la predicción y planeación de estrategias de manejo del riesgo. La Norma Oficial Mexicana NOM-006 no incluye el análisis cuantitativo por lo que es necesaria la revisión y actualización de la norma.

Palabras clave: ARP, *Maconellicoccus hirsutus*, aguacate, árboles de decisión, herramienta cuantitativa.

**PROPOSAL OF A QUANTITATIVE TOOL FOR PEST RISK ANALYSIS,
CASE PINK MEALYBUG (*Maconellicoccus hirsutus*) IN AVOCADO.**

**ERIK ACUAYTE VALDES
COLEGIO DE POSTGRADUADOS 2012**

SUMMARY

Internationally there is a trend toward predicting odds for planning risk management strategies for pests. This study proposes a quantitative tool for Pest Risk Analysis (PRA), with a case study: pink hibiscus mealybug in avocado. The method is based on the use of decision trees, statistical data, knowledge of environment, culture and biology of the pest. Using expert surveys probability values were obtained, on a scale of 1 to 100. It was found that the probability of pest entry would increase if the inspections at entry points and cords plant were removed. The probability of establishment is high due to the large number of hosts and favorable environment areas. The mobilization of infested plants is the greatest probability of scattering. México is the leading international producer and exporter of avocados, with the dispersal and establishment of CRH would affect more than 100 000 hectares planted with this crop, increases in costs of production and postharvest handling would cause huge economic losses and social problems (SAGARPA, 2009). The proposed tool can be the basis for developing further studies aimed at developing the quantitative PRA, since decision trees are an effective tool to predict probabilities, easily understood, allow prediction and planning of risk management strategies. The NOM-006 does not include the quantitative analysis it is necessary to revise and update the standard.

Key words: ARP, *Maconellicoccus hirsutus*, decision trees, quantitative, avocado.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por todo su amor y su infinita bondad.

A MI PAÍS

El cual por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología me otorgo el apoyo financiero para realizar mis estudios de Maestría.

AL COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Por haberme dado la oportunidad de estudiar la maestría, en especial a todas las personas (trabajadores, administrativos y profesores) que hicieron mi estancia placentera.

A FITOSANIDAD - FITOPATOLOGÍA

Por haberme aceptado en su programa e introducirme y enseñarme el mundo tan grande de las enfermedades de las plantas.

AL DR. SERGIO SANDOVAL ISLAS

Por todo el apoyo, amistad, enseñanza en el aula y las buenas horas de conversación en la oficina acerca de la resistencia genética.

A LA DRA. MARTHA AGUILERA PEÑA

Por introducirme y enseñarme acerca de todo este mundo que es el Análisis de Riesgo de Plagas, por todo su apoyo en este trabajo, así como su amistad y dirección.

AL MC. EMILIO CASTILLO MARQUEZ

Por toda su paciencia, enseñanza, amistad y sus explicaciones siempre sencillas que ayudaron en la mejora de este trabajo.

AL DR. JAVIER HERNANDEZ MORALES

Por su amistad, aportaciones para la mejora de este trabajo, así como sus buenos consejos para mi formación.

AL DR. DANIEL TÉLIZ ORTÍZ

Por su amistad, todos sus consejos, sus enseñanzas tanto en clases como en su oficina y por motivarme a ser mejor cada día.

A TODOS LOS PROFESORES DE FITOPATOLOGÍA QUE DE UNA O DE OTRA MANERA INFLUYERON EN MI FORMACION Y EN LA MEJORA DE MI PERSONA.

DEDICATORIA

DEDICO ESTA TESIS A:

Mis padres: que siempre hicieron lo posible por darme lo mejor, de acuerdo a sus posibilidades, al igual que me dieron bases solidas para ser un hombre de bien.... Soy su obra.

Mis herman@s: que con su ejemplo me han enseñado cada uno diferentes aspectos como son trabajo, dedicación, mejora y cariño... los quiero.

Mis sobrin@s: que de una o de otra manera siempre me inyectan ese ánimo de seguir adelante y me enseñan siempre un mundo mejor.

Mis amig@s: que siempre han creído en mi y han ayudado en su momento para hacerme ese instante inolvidable...Gracias.

A mi esposa Ely: por todo el apoyo y el formar parte a diario de mis proyectos y mejora...Te amo.

A mi suegra y mis cuñad@s ... Gracias por el apoyo, el creer y confiar en mi.

A toda mi familia que siempre está en mi oración y en mi mente.

CONTENIDO

| | | |
|----------|-------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | Objetivo | 3 |
| | Hipótesis | 4 |
| 2. | REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. | Legislación fitosanitaria | 4 |
| 2.1.1. | Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) | 5 |
| 2.1.1.1. | Metodología para elaboración de ARP | 9 |
| 2.2. | Proceso de decisión | 11 |
| 2.2.1. | Técnicas en la toma de decisiones | 13 |
| 2.2.1.1. | Árboles de decisión | 14 |
| 2.3. | Cochinilla rosada | 16 |
| 2.3.1. | Generalidades | 17 |
| 2.3.1.1. | Taxonomía | 18 |
| 2.3.1.2. | Morfología | 18 |
| 2.3.2. | Hospederos | 20 |
| 2.3.3. | Distribución geográfica | 20 |
| 2.3.4. | Dispersión | 22 |
| 2.3.5. | Biología | 23 |
| 2.3.6. | Hábitos | 24 |
| 2.3.7. | Síntomas | 24 |
| 2.3.8. | Control químico | 25 |
| 2.3.8.1. | Uso de feromonas | 26 |
| 2.3.9. | Control Legal | 27 |
| 2.3.9.1. | Manejo de la plaga | 28 |
| 2.3.9.2. | Riesgo Fitosanitario. | 29 |
| 2.3.9.3. | Manejo del riesgo | 29 |
| 2.4. | Aguacate | 30 |
| 2.5. | Encuesta | 32 |
| 3. | MATERIALES Y METODOS | 33 |
| 3.1. | Elaboración del ARP | 34 |
| 3.1.1. | Elaboración de encuestas | 35 |
| 3.1.2. | Elaboración de árboles de decisión | 35 |
| 3.1.3. | Análisis de la información | 37 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSION | 38 |
| 5. | CONCLUSIONES | 52 |
| 6. | LITERATURA | 54 |
| 7. | ANEXOS | 60 |

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Determinación de la probabilidad de que ocurra un escenario.....39

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de distribución de la CRH a nivel mundial..... | 20 |
| Figura 2. Mapa de distribución de la CRH en México..... | 21 |
| Figura 3. Árbol de decisión para determinar detección de la plaga..... | 37 |

ANEXOS

| | |
|---|----|
| A 1. Encuesta..... | 60 |
| A 2. Árbol de decisión para el riesgo de CRH..... | 65 |
| A 3. Macho y hembra de <i>M. hirsutus</i> , parasitoide y depredador..... | 68 |

1. INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, la producción agrícola se ha visto afectada por diversas plagas, poniendo en peligro la disponibilidad de alimentos para la población y afectando seriamente la agricultura de los países (OIRSA, 2009).

A medida que un país aumenta su actividad e intercambio comercial, aumenta también la probabilidad de ingresar y dispersar plagas cuyo potencial se vuelve de riesgo nacional. En algunas especies se tiene el conocimiento preciso acerca de su papel como plagas, pero de un gran número de especies se carece de estudios que demuestren sus atributos y comportamiento en el área de ingreso, estos últimos son los casos de mayor riesgo fitosanitario. El ingreso, establecimiento y dispersión de una plaga puede provocar el cambio en el estatus fitosanitario de un país, afectando directamente las exportaciones de productos y subproductos agropecuarios a mercados donde esa plaga no está presente (OIRSA, 2009).

Por ello, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal vigila el cumplimiento de los niveles adecuados de protección fitosanitaria acordados entre México y otros países, de lo contrario las consecuencias afectarían la producción agrícola nacional, la calidad del producto, el acceso a mercados y la imposición de barreras fitosanitarias no justificadas arrojando grandes pérdidas económicas (SAGARPA, 2009).

Para identificar, evaluar y manejar el riesgo de plagas de interés cuarentenario se cuenta con el procedimiento internacional conocido como Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), cuya implementación ha brindado la oportunidad de disminuir el riesgo de introducción y posterior establecimiento y dispersión de plagas, a través de la aprobación de medidas fitosanitarias adecuadas.

El ARP se ha venido realizando de manera cualitativa debido a la falta de datos estadísticos sobre los organismos plaga y su relación con eventos meteorológicos, insuficiencia de bases de datos climáticos, heterogeneidad de

datos y falta de vinculación con otras disciplinas necesarias para el manejo de enfoques holísticos en la sanidad vegetal (González, 2010).

La Organización Mundial del Comercio (OMC) mediante el Acuerdo sobre la aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) hace hincapié en la importancia de una base técnica sólida para las medidas que afectan al comercio. A pesar del conocimiento de este concepto en el Acuerdo MSF, muy poco se ha hecho en relación con el desarrollo y la aplicación de los métodos analíticos que establezcan parámetros cuantitativos para las medidas sanitarias y fitosanitarias sobre la base de los conceptos fundamentales de matemáticas y análisis estadísticos. El creciente desarrollo y aplicación de normas internacionales relacionadas con las MSF, la creciente presión por los socios comerciales de mayor transparencia y el reconocimiento de equivalencia ha dado lugar a un cambio en el paradigma de los enfoques anteriores. Esto se ha traducido en un mayor interés y la necesidad de adecuados métodos cuantitativos para medir, evaluar y justificar la gestión de riesgos decisiones (Sgrillo, 2004)

Burmester (2002), después de la revisión detallada de ocho documentos de evaluación de riesgos publicados por el Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA) concernientes a la importación de Aguacates Hass de México, comenta que le parece que el USDA no ha utilizado el análisis de riesgos o la simulación Monte Carlo de manera apropiada o correcta y por ello al no hacer el cálculo adecuado se llegó a conclusiones erróneas sobre el mínimo riesgo. Menciona que si bien los documentos de evaluación de riesgo del USDA pueden parecer impresionantes para aquellos no familiarizados con el campo, las deficiencias masivas son evidentes para un calculador de riesgos. Concluye que cuando el USDA utiliza la evaluación del riesgo en su toma de decisiones, se deben respetar los principios científicos establecidos para generar conclusiones fiables para la toma de decisiones regulatorias.

Los árboles de decisión son una metodología que permite obtener valores de probabilidad para diferentes cursos de acción o escenarios, por ello es posible usarlos como una herramienta en la elaboración de un ARP cuantitativo.

Actualmente hay una tendencia hacia la integración de sistemas compuestos por modelos y bases de datos que permitan la realización del ARP bajo el enfoque cuantitativo. Algunos de los sistemas más representativos de esta tendencia son el CLIMEX (Sutherst *et al.*, 2007) y el NAPPPFAST (Magarey *et al.*, 2007).

En la Unión Europea existe un proyecto denominado PRATIQUE (Enhancements of Pest Risk Analysis Techniques), el cual se enfoca al desarrollo de estrategias integrales y sostenibles para el Análisis de Riesgo y Manejo Fitosanitarios.

Los árboles de decisión han sido empleados en un sistema de evaluación del riesgo de hierbas para identificar el posible daño de plantas nocivas en Hawai y otras Islas del Pacífico (Curtis, 2003).

En el presente trabajo se propone el uso de árboles de decisión como una herramienta cuantitativa para la elaboración de ARP, tomando como estudio de caso la Cochinilla Rosada del Hibisco (CRH), (*Maconellicoccus hirsutus* Green) en aguacate; la CRH es una plaga cuarentenaria, de importancia mundial en la agricultura. La presencia de esta plaga tiene dos aspectos a considerar, el aumento en costos de producción y la posibilidad de pérdida de acceso a mercados. La CRH en México tiene la categoría reglamentaria de plaga cuarentenaria presente, solo en algunas áreas y bajo control oficial (GONZALEZ, 2011).

Objetivo

Proponer una herramienta cuantitativa para el Análisis de Riesgo de Plagas, tomando como caso de estudio a la Cochinilla Rosada del Hibisco en aguacate.

Hipótesis

Los árboles de decisiones pueden ser utilizados como una herramienta inicial para analizar y cuantificar el riesgo fitosanitario del ingreso, establecimiento y dispersión de la Cochinilla Rosada del Hibisco en México.

La información obtenida mediante encuestas aplicadas al personal que labora en campañas o en investigación relacionada con CRH puede ser el sustento principal para la elaboración del árbol de decisión.

La herramienta que se proponga como resultado de esta tesis, podrá ser útil para cuantificar el riesgo fitosanitario de otras plagas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Legislación fitosanitaria

En los últimos años, el riesgo de introducción de plagas cuarentenarias se ha incrementado por el aumento en el volumen, diversidad y procedencia de las mercancías, a consecuencia de los procesos de globalización y de apertura comercial (OIRSA, 2009).

La Organización Mundial del Comercio (OMC) se ocupa de las normas mundiales por las que se rige el comercio entre las naciones. Su principal función es velar porque el comercio se realice de la manera más fluida, previsible y libre posible (OMC 2011).

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) es un tratado multilateral para la cooperación internacional en la esfera de la protección fitosanitaria, ésta elabora las normas internacionales para la aplicación de medidas por parte de los gobiernos con objeto de proteger sus recursos vegetales de plagas perjudiciales que pueden introducirse mediante el comercio internacional. La labor de la CIPF incluye normas sobre el análisis del

riesgo de plagas y prescripciones para el establecimiento de zonas libres de plagas, entre otras (OMC, 2011).

Las Normas Internacionales sobre Medidas Fitosanitarias, NIMF's, son la guía para implementar programas nacionales y cumplir con los compromisos contraídos con la OMC.

Cada país integrante de la OMC se compromete a la aplicación de una serie de medidas fitosanitarias bajo una serie de principios como la Soberanía, Armonización, Transparencia, Justificación Técnica y Cooperación, entre otros, que garantizan la prevalencia de la racionalidad, la buena voluntad entre las naciones y la protección al libre comercio (SINAVEF, 2009).

La legislación en México, desde 1994 y con las actualizaciones del 2007, ya incorpora en el texto de la Ley federal de Sanidad Vegetal la obligación de definir y aplicar las medidas fitosanitarias, destacando la necesidad de que las mismas se sustenten en evidencias y principios científicos. Con base en esto, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal, ha iniciado la instrumentación del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF), en el cual se abordan, como problemas piloto, las siguientes seis plagas reglamentadas: HLB de los cítricos (*Candidatus liberibacter*), Cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*, Green.), mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*, Wied.), langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker), palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*, Berg.) y roya asiática de la soya (*Phackopsora pachyrhizi* Sydow & P Sydow), (SINAVEF, 2009).

2.1.1. Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)

El análisis de Riesgo de Plagas (ARP) es un proceso de evaluación de las evidencias biológicas u otras evidencias científicas y económicas para

determinar si una plaga debería reglamentarse y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias que han de adoptarse contra ella (FAO, 2005).

El ARP es uno de los principios operativos de la CIPF para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional. Existen 3 NIMF' s que se refieren a los detalles del proceso:

NIMF No. 2, "Marco para el Análisis de Riesgo de Plagas".

NIMF No. 11, "Análisis de Riesgo para Plagas Cuarentenarias, incluyendo el Análisis de Riesgos Ambientales y Organismos Vivos Modificados"

NIMF No. 21, "Análisis de Riesgo para Plagas No Cuarentenarias, reguladas".

La NIMF 2: Marco para el análisis de riesgo de plagas (2007). Entrega un marco descriptivo del proceso del análisis de riesgo de plagas (ARP) dentro del ámbito de la CIPF, presentando las tres etapas del análisis de riesgo de plagas, a saber, inicio, evaluación del riesgo de plagas y manejo del riesgo de plagas. Concentrándose en la etapa de inicio. Abordan aspectos genéricos relativos a la recolección de información, la documentación, la comunicación del riesgo, la incertidumbre y la coherencia. Esta norma brinda orientación detallada sobre la Etapa 1 del ARP, resume las etapas 2 y 3 y aborda aspectos genéricos referentes a todo el proceso de ARP. Respecto de las etapas 2 y 3, hace referencia a las NIMF no 3, 11 y 21 que tratan del proceso de ARP. El proceso de ARP se inicia en la Etapa 1 con la identificación de un organismo o de una vía que podrá considerarse para la evaluación del riesgo de plagas o como parte del examen de medidas fitosanitarias existentes, en relación con un área definida para el ARP. El primer paso consiste en determinar o confirmar si el organismo considerado es o no una plaga. Si no se identifican plagas, no es necesario continuar con el análisis. El análisis de las plagas identificadas en la Etapa 1 continúa con las etapas 2 y 3, aplicando la orientación proporcionada en otras normas. La recolección de información, la documentación y la comunicación del riesgo, así como la incertidumbre y la coherencia, son elementos comunes a todas las etapas del ARP.

NIMF 11: Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados (2004). Esta norma ofrece los detalles para la realización de un análisis de riesgo de plagas (ARP) para determinar si las plagas son plagas cuarentenarias. Se describen los procesos integrados que han de aplicarse tanto para la evaluación del riesgo como para la selección de opciones con respecto al manejo del riesgo. También incluye detalles referentes al análisis de los riesgos que suponen las plagas de plantas para el medio ambiente y la diversidad biológica, incluidos los riesgos que afectan a las plantas no cultivadas/no manejadas, la flora silvestre, los hábitats y los ecosistemas contenidos en el área de ARP. En el Anexo 1 figuran algunas explicaciones sobre el ámbito de la CIPF con respecto a los riesgos ambientales. Incluye la orientación sobre la evaluación de los posibles riesgos fitosanitarios que presentan los organismos vivos modificados (OVM) a las plantas y a sus productos. En el Anexo 2 figuran algunas explicaciones sobre el ámbito de la CIPF con respecto al ARP para los OVM.

Los objetivos del ARP son, para un área específica, identificar las plagas y/o vías de interés por lo que respecta a la cuarentena y evaluar su riesgo, con el fin de identificar áreas en peligro, y si es apropiado, identificar opciones para el manejo del riesgo. El análisis de riesgo de plagas (ARP) para las plagas cuarentenarias sigue un proceso que consta de tres etapas:

La etapa 1 (inicio del proceso) consiste en la identificación de la plaga o plagas y de las vías que suscitan preocupación y por lo que respecta a la cuarentena y que deben tenerse en cuenta en el análisis de riesgo, en relación con el área de ARP identificada.

La etapa 2 (evaluación del riesgo) comienza con la categorización de las plagas individuales para determinar si se cumplen los criterios para incluirlas entre las plagas cuarentenarias. La evaluación del riesgo continúa con una valoración de la probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión de la plaga y de sus consecuencias económicas potenciales (incluidas las consecuencias ambientales).

La etapa 3 (manejo del riesgo) consiste en determinar opciones con respecto al manejo para reducir los riesgos identificados en la etapa 2. Esas opciones se evalúan en función de su eficacia, viabilidad y repercusiones con el fin de seleccionar las que son apropiadas.

Algunas de las secciones más importantes de la NIMF N° 11 son las siguientes: En la sección 2.1.1.5, señala, en lo que concierne a la clasificación de plagas, que deberán haber indicaciones claras de que la plaga podrá tener repercusiones económicas inaceptables en el área del ARP, lo cual puede incluir el impacto ambiental. La sección 2.3 de la norma describe el procedimiento para evaluar las consecuencias económicas potenciales de la introducción de una plaga. Los efectos pueden considerarse como directos o indirectos. La sección 2.3.2.2 aborda el análisis de las consecuencias comerciales. La sección 2.3.2.4 ofrece orientación sobre la evaluación de las consecuencias no comerciales y ambientales de la introducción de la plaga. La misma reconoce que ciertas clases de efectos posiblemente no se apliquen a un mercado actual que pueda identificarse fácilmente, pero estipula que las repercusiones pueden calcularse de manera aproximada con un método apropiado de valoración que no esté relacionado con el mercado. Esta sección señala que si no es factible realizar una medición cuantitativa, entonces esta parte de la evaluación deberá por lo menos incluir un análisis cualitativo y ofrecer una explicación del modo en que se utilizará la información en el análisis de riesgo. Los efectos ambientales u otros efectos no deseados de las medidas de control se abarcan en la sección 2.3.1.2 (Efectos indirectos) como parte del análisis de las consecuencias económicas. Cuando el riesgo se considere inaceptable, la sección 3.4 ofrece orientación sobre la selección de las opciones de manejo del riesgo, incluyendo las medidas de costo-eficacia, viabilidad y las medidas comerciales menos restrictivas posibles.

Un ARP se puede realizar bajo cualquiera de las siguientes situaciones:

- a) Cuando se importa un producto vegetal por primera vez a México.
- b) Cuando se importa un producto vegetal proveniente de un área nueva o país de origen nuevo.

- c) Identificación de una vía de entrada con peligro de introducción de una plaga exótica derivada de un brote o una detección.
- d) Identificación de una plaga que pueda requerir medidas fitosanitarias.
- e) Revisión de las regulaciones fitosanitarias (FAO, 2004).

2.1.1.1. Metodología para elaboración de ARP

Según González (2010) existen dos enfoques para el ARP:

A) “Enfoque Cualitativo, la definición del Riesgo y sus implicaciones descansa mayormente en la interpretación que un grupo de expertos hace de la información disponible. El papel de los expertos, en este caso, consiste en calificar o dar un valor final al riesgo o a la probabilidad de establecimiento o dispersión del organismo, o bien, a la magnitud del impacto económico, todo ello con base en su criterio e interpretación de la información general con que cuenta, en ausencia de datos duros. Los principales problemas relacionados con los ARP basados en el enfoque cualitativo tienen que ver con ciertas ambigüedades en la interpretación de lo que es “Alto”, “Medio” o “Bajo” riesgo o la clasificación de algunos eventos como “Poco probables”, “Medianamente Probables” o “Muy Probables”; todo lo cual imprime un grado de incertidumbre considerable al proceso de ARP”.

B) “Enfoque Cuantitativo, el criterio y la opinión de los expertos siguen siendo importantes, sin embargo, éstos son aplicados ahora a etapas intermedias en el proceso del ARP, como en el establecimiento de criterios o ponderaciones que ayuden a clasificar, utilizando datos, la probabilidad de ingreso y establecimiento de una plaga en una región, o sus patrones de dispersión, así, la calificación final del riesgo implica el cálculo de probabilidades de que los valores de ciertas variables climáticas ocurran en los períodos considerados como críticos para el ingreso, establecimiento o la dispersión del organismo. Los resultados finales de la evaluación del riesgo son consideraciones objetivas que confieren una mayor confiabilidad al ARP”.

En México y en la mayor parte del mundo, los ARP han seguido el enfoque Cualitativo. Según González (2010) entre las principales causas de esta situación, en el caso de nuestro país, se encuentran:

- Falta de datos sobre el comportamiento de los organismos (plagas) o su relación con los eventos meteorológicos y la insuficiencia de las bases de datos climáticas.
- Dificultad de acceder a los registros de datos de índole no sólo fitosanitario, sino productivos, económicos, físicos, etc., lo cual genera una gran heterogeneidad de datos para el análisis a nivel nacional.
- Falta de articulación de esfuerzos entre los actores de las entidades públicas y privadas.
- Falta de capacitación y actualización del personal técnico y científico relacionado con la sanidad vegetal y su integración con otras disciplinas necesarias para el manejo de enfoques holísticos en la sanidad vegetal.

Etapas del ARP

De acuerdo a la NIMF No. 2 (2007). Marco para el análisis de riesgo de plagas. FAO, Roma. El proceso de ARP consiste en tres etapas:

Etapa 1: **Inicio**. Consiste en identificar los organismos y las vías que podrán considerarse para la evaluación del riesgo de plagas en relación con el área de ARP identificada.

Etapa 2: **Evaluación del riesgo de plagas**. Comprende varias fases:

Categorización de las plagas. La determinación de si la plaga tiene las características de una Plaga Cuarentenaria o de una Plaga No Cuarentenaria Reglamentada (PNCR).

Evaluación de la introducción y la dispersión. Propuestas de plagas cuarentenarias: identificación del área en peligro y evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión. Propuestas de PNCR: evaluación de si las plantas para plantar, el producto o subproducto son o se convertirán en la fuente principal de infestación, en comparación con otras fuentes de infestación del área.

Evaluación de las repercusiones económicas. Propuestas de plagas cuarentenarias: evaluación de las repercusiones económicas, incluido el impacto ambiental. Propuestas de PNCR: evaluación de las repercusiones económicas potenciales asociadas con el uso previsto de las plantas para plantar en el área de ARP (incluye umbral de infestación y nivel de tolerancia).

Conclusión. Contiene una síntesis del riesgo general de las plagas en cuestión basada en los resultados de la evaluación en lo referente a la introducción, la dispersión y repercusiones económicas potenciales, en el caso de las plagas cuarentenarias, y en las repercusiones económicas inaceptables en las PNCR. Los resultados de la evaluación del riesgo de plagas se utilizan para decidir si debe pasarse a la etapa de manejo del riesgo de plagas (Etapa 3).

Etapa 3: **Manejo del riesgo de plagas.** Contempla la identificación de medidas fitosanitarias que reducen el riesgo a un nivel aceptable. Esta etapa terminará con una conclusión sobre si se dispone o no de medidas fitosanitarias factibles y eficaces en función de los costos y que sean apropiadas para disminuir el riesgo de plagas a un nivel aceptable.

2.2. Proceso de decisión

Existen varios modelos que se emplean en la investigación de operaciones para la toma de decisiones (Izar, 1998).

Un proceso de decisión es el que requiere un sólo conjunto de decisiones o una secuencia de decisiones para su conclusión. Cada decisión permitida tiene

una ganancia o pérdida asociada, la cual se determina conjuntamente a partir de circunstancias *externas* que rodean al proceso. El conjunto de posibles circunstancias, conocido como *estados de la naturaleza*, y una distribución probabilística que controle la ocurrencia de cada estado, se consideran como conocidos. Tanto el conjunto de decisiones permitidas como el conjunto de estados de la naturaleza se consideran finitos (Bronson 1983).

Un **modelo de decisión**, es sólo un medio para “resumir” un problema de decisión en una forma que permita la identificación y evaluación sistemática de todas las opciones de decisión del problema. Existen modelos de decisión que se formulan y resuelven suponiendo la disponibilidad de información *perfecta*. En general esto se denomina “toma de decisiones” en condiciones de certeza. La disponibilidad de información *imperfecta o parcial* de un problema lleva dos categorías de casos en toma de decisiones:

- a. Decisiones con riesgo
- b. Decisiones con incertidumbre

En la primera categoría el grado de ignorancia se expresa como una función de la probabilidad que representa los datos, mientras que en la segunda categoría no puede disponerse de ninguna función de la probabilidad. En otras palabras, desde el punto de vista de disponibilidad de datos la *certeza* o la incertidumbre representan los dos casos extremos mientras que el *riesgo* es la situación “intermedia” Taha (1992).

Las **decisiones con riesgo** generalmente se basan en uno de los siguientes criterios:

Criterio de valor esperado. Es una extensión natural de decisiones donde se desea maximizar el beneficio esperado (o minimizar el costo esperado).

Criterio del valor esperado y variancia. Es adecuado principalmente para tomar decisiones “a largo plazo”.

Criterio del nivel de aceptación. No proporciona una decisión óptima en el sentido de maximizar beneficio o minimizar costo. Más bien es un medio de determinar cursos de acción aceptables.

Criterio del futuro más probable. Está basado en convertir la situación probabilística en una situación determinística, remplazando la variable aleatoria con el valor que tenga la mayor probabilidad de que ocurra. Este criterio puede pensarse como una simplificación de la decisión con riesgo más complicada. La simplificación se hace no por conveniencia analítica sino principalmente reconociendo que desde el punto de vista práctico el futuro más probable proporciona información adecuada para tomar la decisión. Se puede hacer una representación gráfica del problema de decisión mediante el uso de un árbol de decisión, el cual es una representación esquemática del proceso que se lleva a cabo para tomar una decisión Taha (1992).

2.2.1. Técnicas en la toma de decisiones

La investigación de operaciones (IO) tiene su origen en una serie de trabajos tendientes a optimizar recursos destinados a actividades bélicas, surge precisamente durante la segunda guerra mundial por necesidades eminentemente militares. La IO es una potente herramienta que puede ser utilizada en el análisis de decisiones, la cual consiste en fragmentar un problema en sub-partes, de las cuales cada una pueda ser manipulada y evaluada por separado. Los resultados obtenidos deben después ser sintetizados en función del problema global cuya respuesta se desea obtener Mora (1980).

La investigación de operaciones aspira a determinar el mejor curso de acción (el óptimo) de un problema de decisión con la restricción de recursos limitados. Aunque las matemáticas y los modelos matemáticos representan una piedra angular de la investigación de operaciones, la labor consiste más en resolver un problema que en construir y resolver modelos matemáticos. Específicamente, los problemas de decisión suelen incluir importantes factores

intangibles que no se pueden traducir directamente en términos del modelo matemático. El principal entre estos factores es la presencia del elemento humano en casi todos y cada uno de los entornos de decisiones Taha (1992).

2.2.1.1. Árboles de decisión

Los árboles de decisiones son útiles para determinar la opción óptima en procesos complicados (Bronson, 1983). Es un proceso en el cual se toman decisiones dependientes una tras otra. Esta representación facilita el proceso de toma de decisiones (Taha, 1992). Todo árbol de decisión consta de dos partes principales: nodos y ramas.

Los **nodos** pueden ser de dos tipos básicos: a) **nodos de decisión**, que representan los eventos en los cuales se tiene que tomar una decisión y se denotan por cuadros; y b) **nodos de probabilidad** los cuales indican estados de la naturaleza y su probabilidad de que ocurran, ilustrándose por medio de círculos. Cada nodo independientemente del tipo que sea, deberá tener un resultado asociado a él (Izar, 1998).

Las **ramas** por su parte, muestran las diferentes posibilidades de decisión o de los estados de la naturaleza, dependiendo del tipo de nodo del cual parten, por lo tanto permitirán tantas ramas desde un nodo de probabilidad como estados de la naturaleza haya y desde un nodo de decisión como alternativas de decisión existan. Todas las ramas inician desde un nodo que puede ser de cualquiera de los dos tipos y llegan a otro, con la excepción de las ramas terminales, las cuales siempre parten de un nodo de probabilidad y no finalizan en un nodo, solo llevan señalado su resultado respectivo. Las ramas que inician en un nodo de decisión y que no son elegidas en el proceso de toma de decisiones se marcan con una cruz en el esquema del árbol (Izar, 1998).

La técnica consiste en iniciar con los nodos terminales y moverse secuencialmente hacia atrás a través de la red, calculando las ganancias esperadas en los nodos intermedios. Cada ganancia se escribe encima del

nodo correspondiente. Una decisión recomendada es aquella que lleva a una ganancia máxima esperada. En aquellas decisiones que resultan no recomendables se pueden marcar las ramas correspondientes con cruz. La *utilidad* de una consecuencia es el valor numérico que tiene para quien toma la decisión. Ya que ningún criterio de decisión es aplicable a menos que todas las consecuencias se cuantifiquen en las mismas unidades, el primer paso al analizar cualquier proceso de decisión es determinar la utilidad de todas las consecuencias no numéricas (Bronson, 1983).

Esquemáticamente las direcciones se indican mediante flechas. Dos ramas son conexas si tiene un nodo en común. Una ruta es una secuencia de ramas conexas tales que en la alternación de nodos y ramas no se repite ningún nodo. Una red es conexa si para cada par de nodos existe al menos una ruta que une la par. Si la ruta es única para cada par de nodos, a la red conexa se le denomina **árbol**. Equivalentemente, un árbol es una red conexa que tiene un nodo más que el número de ramas Bronson (1983).

Un árbol de decisión es un árbol orientado que representa un proceso de decisión. Los nodos designan puntos en el tiempo en los cuales: a) debe tomarse una u otra decisión, o b) quien toma las decisiones se enfrenta a uno y otro estado de la naturaleza, o c) el proceso se termina. Saliendo de un nodo (a), hay una rama para cada posible decisión; saliendo de un nodo (b), hay una rama para cada posible estado de la naturaleza. Bajo cada rama se escribe la probabilidad del evento correspondiente cuando este definida Bronson (1983).

En resumen, los árboles de decisión proveen un método efectivo para la toma de decisiones debido a que: nos ayuda a realizar las mejores decisiones sobre la base de la información existente y de las mejores suposiciones, plantean el problema claramente para que todas las opciones sean analizadas, permiten analizar totalmente las posibles consecuencias de tomar una decisión, proveen un esquema para cuantificar el costo de un resultado y la probabilidad de que suceda.

2.3. Cochinilla rosada

Su nombre lo adquiere por la tonalidad rosa que tiene y que su hospedero preferido es el hibisco o clavel (*Hibiscus rosasinnensis*), planta de uso ornamental en jardinería. Provoca daños en hojas, yemas terminales y frutos, lo que puede conducir a la muerte de la planta. Apareció en la región OIRSA por primera vez en Belice en el año 1999. (Aparentemente por introducción de plantas ornamentales de un país del Caribe). La CRH Afecta a más de 200 hospederos incluidos en 70 familias de plantas (Padilla, 2000; Meyerdirk *et al*, 2003), ocasionando elevadas pérdidas económicas en la producción de frutales, hortalizas y plantas ornamentales. Además de los daños que ocasiona a las especies vegetales, se agregan disposiciones cuarentenarias que prohíben la importación de productos agrícolas procedentes de países con presencia de CRH. Los países miembros del OIRSA organizaron un programa de emergencia tendiente al control de la plaga en Belice y a la prevención en el resto de los Estados. En el año 2000 se inició un programa de control biológico mediante la activación de un insectario para producir el controlador biológico *Anagyrus kamali*. En el año 2003 se inauguró el laboratorio regional para el control biológico en Belmopan, con una inversión de 500 mil dólares en el periodo 2003-2007. El programa ha permitido crear una zona de amortiguación para la plaga, evitando la diseminación hacia los países de la región y es otro ejemplo de éxito cuando se toman decisiones conjuntas (OIRSA, 2009).

En México en el año 2004 se detectó CRH en Nayarit y Jalisco, se implementó un Plan de Contingencia ante un brote de CRH con una inversión federal de 4.4 millones USD para los años 2004-2005. Actualmente, seis estados se encuentran bajo control oficial contra la CRH con un presupuesto Federal y Estatal cercano a 2.5 millones USD (SIAP-SAGARPA 2009).

Se eligió trabajar esta propuesta de herramienta cuantitativa tomando como caso de estudio a la CRH porque es una plaga con un amplio rango de hospederos, que actualmente en México tiene la categoría reglamentaria de plaga cuarentenaria presente, solo en algunas áreas y sujeta a control oficial (GONZALEZ, 2011). Además, es necesario destacar que de acuerdo a los

programas de trabajo de la campaña contra la Cochinilla Rosada (Baja California, Chiapas, Colima, Guerrero, Q. Roo y Yucatán) la mayoría de las detecciones de esta plaga se han hecho en zonas urbanas y árboles de traspatio. En el estado de Jalisco en los municipios de Puerto Vallarta, Cihuatlan, Tomatlan, La Huerta y Casimiro Castillo se han detectado brotes de Cochinilla Rosada en superficie agrícola específicamente en huertos de mango, es importante mencionar que el nivel de infestación es bajo de 0.5 a 0.95 CRH/brote. Para el caso de Nayarit se reportan niveles de infestación Bajos en promedio de 0.81 CRH/brote en los municipios de Xalisco, San Blas, Compostela y Bahía de Banderas en huertos de guanábana. En los municipios de Escuinapa, El Rosario, Concordia y Mazatlán del estado de Sinaloa se tiene niveles bajos de infestación <5 CRH/brote en cultivos de frijol, chile, tomate y en huertos de mango y ciruela. (SAGARPA-SENASICA, 2011).

2.3.1. Generalidades

Nombre: *Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908)

Sinónimos

Phenacoccus hirsutus Green

Maconellicoccus perforatus DeLotto

Pseudococcus hibisci Hall

Spilococcus perforatus DeLotto

Phenacoccus quaternus Green,

Phenacoccus glomeratus Green

Paracoccus pasaniae Borchsenius

Maconellicoccus pasaniae (Borchsenius) Tang

Posición taxonómica

Filum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Pseudococcidae

Nombres comunes: Cochinilla rosada, Cochinilla rosada del hibisco

2.3.1.1. Taxonomía y nomenclatura

Según CABI (2005) *Maconellicoccus hirsutus* fue descrita como *Phenacoccus hirsutus* por Green en 1908, de ejemplares de India. Ezzat en 1958 la designó como una especie tipo del género *Maconellicoccus*. Williams (1996) señala que este género está integrado por ocho especies: cuatro nativas de Australia, una de África, dos del sur de Asia y una de Nepal. Meyerdirk *et al.* (2003) listan las siguientes especies: 1) *M. tasmaniae* (Williams, 1985); 2) *M. ugandae* (Srivastava, S. C., P. Kumar., Y. D. Mishra & A. K. Jaiswal; 3) *M. australensis* (Podoler, H., I. Bar-Zacay & Rosen, D.; 4) *M. lanigerus* (Fuller, 1897); 5) *M. leptospermi* (Williams, 1985); 6) *M. hirsutus* (Green, 1908); 7) *M. ultipori* (Takahashi, 1951); 8) *M. ramchensis* (Williams, 1996; 9) *M. pasaniae*.

2.3.1.2. Morfología

Huevecillo: Son de color salmón, aunque esto no es visible debido a que la colonia está cubierta de una sustancia harinosa (CABI, 2007). La coloración de los huevecillos recién ovipositados adquieren tonalidades naranja y próximas a eclosionar se tornan rosados.

Ninfa: Son de color rosa y de tamaño de 0.3 mm de longitud (CABI, 2007). Los estadios ninfales de la CRH se pueden distinguir por algunos caracteres en montajes revisados en el microscopio, tales como:

1) Los caminadores presentan antenas con seis segmentos, sin ductos en el dorso del abdomen (Hodges y Hodges, 2005), con “ceraris” en los dos últimos segmentos abdominales (Osborne, 2005).

2) Las ninfas de segundo estadio tienen antenas de seis segmentos pero con “ceraris” en los últimos tres a cuatro segmentos abdominales (hembras), margen del cuerpo en vista dorsal con grupos de ductos tubulares (macho) o

sin ellos (hembras), con la tibia ligeramente más corta que los tarsos (hembras) o más larga (machos) (Hodges y Hodges, 2005).

3) En ninfas hembras de tercer estadio las antenas son de siete segmentos, sin vulva y sin poros con discos multiloculares (Hodges y Hodges, 2005).

4) Las ninfas que se convertirán en machos presentan una forma más alargada. En la prepupa los muñones alares son pequeños con un tamaño menor a la longitud del tórax, con la antena de 10 segmentos (Hodges y Hodges, 2005).

Adulto: Las hembras inmaduras tienen el cuerpo de color gris rosa cubierto de una capa cerosa harinosa, miden de 2.5 a 4 mm de longitud, cuerpo blando, elongado, ligeramente aplanado, en maduración, secretan a través del abdomen una sustancia pegajosa de color blanco y un ovisaco de protección para los huevecillos (Williams, 1996). Las antenas presentan nueve segmentos combinados, una barra lobular anal, numerosos ductos dorsales, las setas dorsales flageladas. Los machos tienen alas simples, antenas largas, filamentos blancos y cerosos que se proyectan posteriormente y carecen de partes bucales, son de coloración más oscura (Mani, 1989).

En los países que presentan frío invernal, esta especie sobrevive a estas condiciones desfavorables en estado de huevecillo u otros estados, ya sea sobre la planta hospedera o en el suelo. Los huevecillos que sobreviven el invierno se localizan en grietas o bajo la madera, depresiones de las hojas dentro de los racimos de frutos o de agrupamientos de hojas (CABI, 2007).

La cochinilla rosada, se desarrolla en las grietas o hendiduras de la corteza u otras áreas que le ofrezcan protección. Este comportamiento reduce la efectividad de los tratamientos postcosecha y dificulta la inspección, por ejemplo en frutos de lima, el cáliz le provee protección (Jacobsen y Hara, 2002).

2.3.2. Hospederos

Es un insecto altamente polífago, ya que ha sido reportado alimentándose sobre hospederos de 73 familias y de más de 200 géneros de plantas. Muestra cierta preferencia por hospederos de la familia Malvaceae, Leguminosae, y Moraceae. Cuando esta plaga fue introducida a los países tropicales, en ausencia de enemigos naturales atacó un amplio rango de especies hospederas (usualmente leñosos) agrícolas y forestales. También infesta algodón y soya. En el sur de los Estados Unidos y en el sur de Europa prefiere a la vid y algodón. Uno de los hospederos preferidos es *Hibiscus rosa-sinensis* (CABI, 2007).

2.3.3. Distribución geográfica

La cochinilla rosada es nativa del lejano oriente, fue introducida a Egipto en 1908, posiblemente de la India (Ben-Dov, 1994), aunque el primer registro oficial como plaga fue hasta 1912 (Berg, 1996). Presenta una amplia distribución mundial, ubicándose en las zonas tropicales y subtropicales. Se reporta en 23 países de Asia y el Medio Oriente, en 19 países del África y en 6, entre Australia e Islas del Pacífico (Williams, 1996). La distribución mundial de la CRH se observa en la Fig. 1.

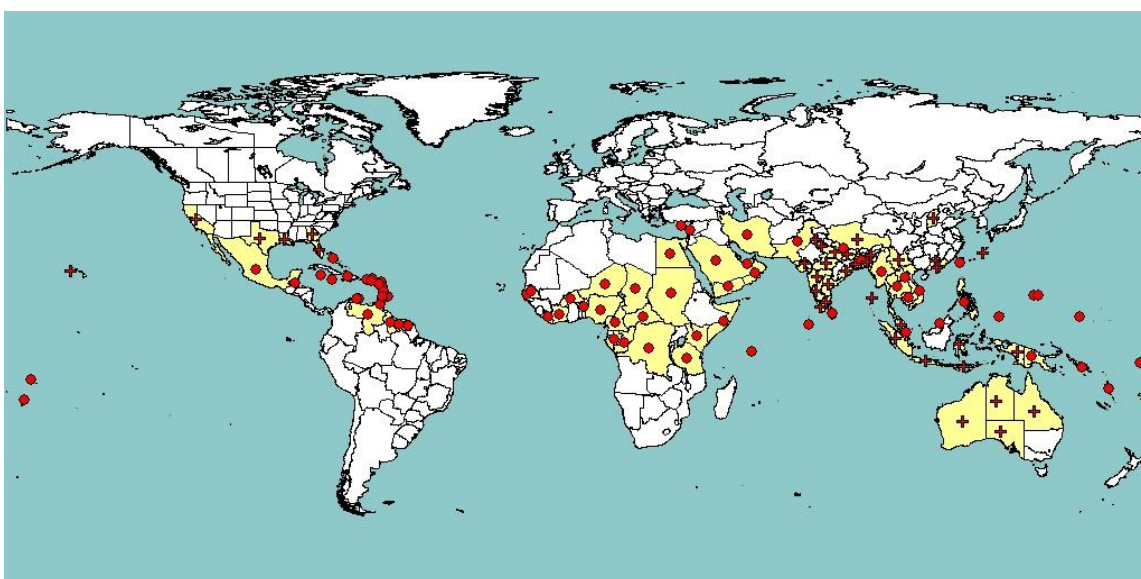


Figura 1. Mapa de distribución de la CRH a nivel mundial (OEPP/EPPO, 2011).

Maconellicoccus hirsutus se detectó en 1994 en la isla caribeña de Granada (CARDI, 1997) y en la actualidad se encuentra distribuida en la mayoría de las islas del Caribe, en Guyana y Venezuela en Suramérica; sureste del Valle Imperial en California, Florida y Texas, EUA, México y Belice (Miller, 1999; Godfrey *et al.*, 2002, Hoy *et al.* 2002). En 2004, se detectó en Bahía de Banderas, Nayarit y en Puerto Vallarta, Jalisco, México (SAGARPA, 2004). En la figura 2. Se observa la distribución de CRH en México.

Maconellicoccus hirsutus es una plaga cuarentenaria para México ya que aunque se encuentra presente en el país desde 1999 en la ciudad de Mexicali, Baja California, se mantiene bajo control y confinada a una zona urbana inmediata a la frontera con los Estados Unidos. Así mismo en febrero de 2004, se presentó otro brote en el municipio de Bahía de Banderas en el estado de Nayarit, manteniéndose bajo control y confinado, a través de las actividades de control cultural, físico, biológico y legal, que al igual que para el brote de Mexicali fueron implementadas por medio del Dispositivo Nacional de Emergencia para prevenir el ingreso de la cochinilla rosada *M. hirsutus* (Green) e instrumentar las medidas fitosanitarias para monitorear y erradicar brotes eventuales de la plaga (SAGARPA-SENASICA, 2009).



Figura 2. Mapa de distribución de la cochinilla rosada del hibisco en México (modificado de DGSV, SENASICA, SAGARPA, 2009). En cada Estado se señala el año de detección oficial de la plaga. Los nombres en minúsculas son los municipios cuarentenados.

2.3.4. Dispersión

Los huevecillos, la ninfa 1 y los machos adultos de *M. hirsutus* tienen la potencialidad de ser transportados por corrientes de aire en la atmósfera superior a más de 160 Km y los huevecillos en el ovisaco pueden ser trasladados a distancias considerables, al igual que sobre las hojas infestadas, siendo comprobada la dispersión de *M. hirsutus* a través de los vientos en Egipto, a principios de siglo hacia el sur, donde prevalecen los vientos desde el norte. La dispersión por el viento pudo ser una de las razones de la distribución de *M. hirsutus* en el Caribe y hacia nuevos territorios incluido los EE.UU. (Stibic, 1997; Vázquez *et al.*, 2002).

El factor viento también incluye los ciclones tropicales, los que están considerando muy recientemente como vías importantes de diseminación de plagas (Vázquez *et al.*, 2002). Las velocidades y la rotación de estos vientos, así como su frecuencia continuada durante varios días favorecen el traslado de poblaciones de insectos, principalmente los que no están fuertemente sujetos a la superficie de los órganos de la planta o simplemente que son trasladados junto con dichos órganos, principalmente hojas, flores y ciertos frutos (Vázquez *et al.*, 2002).

Además, las infestaciones de la cochinilla son a menudo asociadas con las hormigas (Ghose, 1972), que trasladan la mielecilla. Algunas de las especies de hormigas incluyen géneros como *Oecophylla* sp. *Iridomyrmex* sp. y *Solenopsis* sp. (Williams y Watson, 1988). También se ha reportado el transporte por ninfas de otras especies de piojos harinosos (CABI, 2005).

Se señala también que las aves migratorias pueden constituir un factor de dispersión de insectos ácaros y malezas, entre otros organismos. Los ovisacos y los “crawlers” (ninfa 1) pueden adherirse a las plumas de las aves, así como en otras partes del cuerpo y ser trasladadas a grandes distancias, por lo que debe tenerse presente (Stibic, 1997). Sin embargo, es el hombre el principal diseminador al movilizar de una localidad, región, o de un país a otro, materiales vegetales que pudieran encontrarse infestados, como frutos, flores,

material vegetal para propagación y madera entre otros, como fue demostrado en la mayoría de las islas del Caribe, estando entre las principales dificultades que facilitaron la rápida dispersión de *M. hirsutus* el comercio informal entre islas vecinas sin la mediación de regulaciones cuarentenarias (Kairo *et al.*, 2000).

Los bulbos, tubérculos, cormos, rizomas y raíces de hospedantes, semilla botánica, expuestos a *M. hirsutus*, pueden ser infestados por esta plaga y por consiguiente convertirse en vías de la misma (González, 2011).

2.3.5. Biología

Se reproduce sexualmente y partenogenéticamente. Las hembras desarrollan tres instares ninfales y los machos cuatro. Las ninfas poseen movimiento y son éstas las que se desplazan en busca de brotes de crecimiento en ranuras o grietas, donde se desarrollan en densas colonias. Pueden encontrarse en tallos, hojas, brotes, frutos y raíces de varias plantas. Los machos poseen un estado pupal con locomoción (CABI, 2007).

Maconellicoccus hirsutus produce un promedio de 178 huevos durante su vida (Persad y Khan, 2002). Los huevos eclosionan a los 3-8 días posteriores a la oviposición (Ghose, 1972). El primer estadio ninfal de la hembra (caminante) dura en promedio 6.71 días ± 0.47 , el segundo 6.55 ± 0.52 , y el tercero 7.9 ± 0.79 días; en el macho el primer estadio dura en promedio 6.60 ± 0.50 , el segundo 6.51 ± 0.51 , el tercero 1 día, y el cuarto 5.59 ± 0.69 días. Una generación de CRH se completa en aproximadamente 35 días en condiciones cálidas; en condiciones de laboratorio se han observado ciclos de 25 a 26 días (Mani, 1989). Se presentan hasta 15 generaciones por año y en condiciones de frío, la especie sobrevive en estado de huevo u otros estados, ya sea en el hospedante o en el suelo (CABI, 2005). Las cochinillas recién salidas del huevo se instalan en el hospedante y comienzan su desarrollo, que se prolonga por 10 a 22 días (Meyerdirk *et al.*, 2001). Otros reportes señalan que el desarrollo del huevecillo a adulto, en machos es de alrededor de 25 días en diferentes condiciones ambientales (Jacobsen y Hara, 2002). El elevado número de

huevecillos que son capaces de producir, así como el ciclo de vida corto son características biológicas del insecto que incrementan su probabilidad de establecimiento y dispersión.

2.3.6. Hábitos

Maconellicoccus hirsutus es poco móvil en cualquiera de sus estadios, su mayor movilidad la tiene en el primer estadio ninfal; sin embargo, suele fijarse en el sustrato para alimentarse y continuar su desarrollo (CABI 2005). No obstante, Bartlett (1978) sostiene que los machos en su estado de pupa tienen capacidad de locomoción. La ninfa 1 se establece en huecos, grietas y puntos de crecimiento de las plantas donde suelen desarrollar poblaciones densas. En el momento de la oviposición se congregan y forman colonias sobre las plantas hospederas, presentan apariencia algodonosa. En los puntos de crecimiento, estos insectos provocan encogimiento de los tejidos que conducen a deformaciones severas, tales como engrosamiento y atrofia en forma de roseta de yemas terminales, crean unos micros hábitats que le permite protegerse de ciertos enemigos naturales, especialmente coccinélidos.

La plaga es de hábitos polípagos (Berg, 1996); por lo que se considera una plaga altamente peligrosa, se adapta fácilmente a los climas cálidos de los trópicos y con adaptabilidad moderada en las áreas templadas (OIRSA, 2010).

2.3.7. Síntomas y daños en el hospedante

Los daños de la CRH provienen de la alimentación directa que realiza en brotes jóvenes de tallos, hojas y flores, donde causa atrofias de crecimiento y distorsiones, engrosamiento de tallos y partes terminales de los cogollos o retoños arracimados; en casos severos, puede ocurrir defoliación (CABI 2005).

Maconellicoccus hirsutus presenta un aparato bucal picador-chupador que le permite succionar la savia de los tejidos vasculares de las plantas e inyectando una sustancia fitotóxica al momento de alimentarse, las plantas tolerantes

cuando son infestadas reducen la extensión y expansión de las hojas y las ramas pueden llegar a hincharse. En plantas menos tolerantes los daños son marcados y los nuevos brotes de crecimiento forman arrosamientos en donde el insecto se oculta, este síntoma de daño se presenta en una etapa inicial y por consiguiente pasa desapercibido, sin embargo, conforme avanza la infestación se empieza a observar la defoliación de la planta.

En hospederos altamente susceptibles no permite la expansión de hojas, donde se establece la colonia provoca defoliación total y en algunos casos la muerte de la planta (CABI, 2007). Provoca la caída de inflorescencias, deformidad y caída prematura de frutos, daños externos por alimentación y la excreción de mielecilla (CABI, 2007). La cochinilla reduce la actividad fotosintética de las plantas al favorecer la formación de hongos llamados fumagina y bloquear la recepción de la luz. Las hormigas son atraídas por la mielecilla (azúcares simples), lo que resulta en una relación mutualista donde las hormigas protegen a las cochinillas; de esta manera, las hormigas se convierten en un buen indicador de la presencia de la plaga (Williams, 1996).

2.3.8. Control químico

Se considera que el control químico de la CRH es difícil, debido a que la capa exterior de cera protege a las cochinillas y huevecillos de las aspersiones de plaguicidas. Por otro lado, la reproducción sexual permite la recombinación genética, incrementando así la resistencia a productos químicos. La CRH tiene el hábito de establecer sus colonias en el interior de los macollos de hojas retorcidas, en grietas naturales de la planta o bajo la corteza y puede establecerse en las raíces donde se encuentran protegidos de las aspersiones de productos químicos (Meyerdik *et al.*, 1998; Ojeda, 2004).

Echegoyén y González (2010) mencionan las siguientes consideraciones generales en la aplicación de insecticidas que se reportan con cierta eficacia para el control de *M. hirsutus*. Bendiocarb, bifentrin, bifentrin + acefato, clorpirifos, ciflutrin, ciflutrin + acefato, diazinon, fenpropatrin, fenpropatrin,

fenpropatrin + acefato, diclorvos, imidacloprid (puede aplicarse, con relativa seguridad para la salud de las personas y de los animales en zonas urbanas, después de la poda, extracción o destrucción de las plantas, dirigido a las plantas podadas y al suelo alrededor de donde estaba la planta), dimetoato, dimetoato + aceite mineral + emulsificante o detergente, aceite parafínico de petróleo + adherente, citrolina + adherente, deltametrina + detergente. En casos de poda extrema (erradicación de plantas), se sugiere aplicar alguno de estos productos e incluso sólo detergente al 1.5% a las ramas o frutos antes del corte, para evitar dispersar cualquier individuo de CRH. Es recomendable controlar antes a las hormigas que ayudan y protegen a la CRH de sus enemigos naturales o que mantienen la sanidad del sustrato al remover las mielecillas excretadas por la alimentación de la CRH, para evitar una mayor dispersión de la plaga. El mayor efecto de los plaguicidas será contra los primeros estados ninfales de CRH, ya que estos no están cubiertos del todo por los filamentosos cerosos; caso contrario ocurre con la hembra adulta grávida o en proceso de producción de los huevos que puede presentar el ovisaco formado de filamentos cerosos. Las aplicaciones foliares conviene mezclarlas con surfactantes o detergentes para mejorar la penetración del plaguicida en la cubierta cerosa de *M. hirsutus*. Cuando existan hospedantes susceptibles de ser atacados por la cochinilla en las raíces o tubérculos puede ser necesario aplicar al suelo plaguicidas granulados.

2.3.8.1. Uso de trampas con feromona sexual sintética

En el 2004 se identificó, aisló y sintetizó la feromona de atracción de machos de la CRH, la cual presenta dos componentes: (R)-lavandulil (S)-2-metilbutoanato y (R)-maconellil (S)-2-metilbutoanato en proporción 1:5 (Zhang y Nie, 2005; Zhang *et al.*, 2004). La feromona tiene alta especificidad y una duración en campo de hasta 6 meses (Roda, 2005; Zhang *et al.*, 2004) y es útil para poder delimitar la dispersión de la CRH, así como también para la detección de la plaga en áreas libres, aledañas a las zonas infestadas, donde aún no se presenten signos visuales de daño (González *et al.*, 2007). Otro uso

de la feromona es para determinar si las estrategias de manejo aplicadas contra la CRH están siendo efectivas.

El uso de la feromona para el trapeo masivo de machos puede servir como una estrategia de manejo ya que al reducirse la población de machos las hembras sin copular producen huevecillos infértiles, esto considerando que la principal forma de reproducción sea la sexual.

El dispositivo con la feromona sexual sintética de CRH tiene una capacidad para atraer machos hasta por una distancia de 500 m (Zhang *et al.*, 2004). Las trampas como la Jackson (Scentry In., Bukeye, AZ, USA) tienen una tira de cartón movable o reemplazable, sobre la que se coloca el pegamento o adherente, con la cual es más fácil darle servicio y la trampa de cartón puede durar más tiempo que la Delta, Pherocon IIB o Pherocon V. La tira o tarjeta se retira y se lleva al laboratorio para su análisis (Vitullio *et al.*, 2007). En cambio la trampa tipo Delta (Scentry In., Bukeye, AZ, USA) tiene la ventaja de que es más selectiva para atrapar machos de CRH.

2.3.9. Control Legal

En México, en febrero del 2000, se publicó en el Diario Oficial de la Federación un dispositivo nacional de emergencia contra la Cochinilla Rosada del Hibisco con el fin de instrumentar las medidas fitosanitarias para monitorear y erradicar los brotes de la plaga.

El APHIS/USDA tiene un tratamiento cuarentenario para piojos harinosos que consiste en la fumigación de los productos con Bromuro de Metilo, con un tiempo de 2 hr con 48 mg/L. Zettler *et al.*, (2001) evaluaron este tratamiento contra la CRH y confirmaron que es muy efectivo y la dosis propuesta da seguridad cuarentenaria contra la CRH. Hara y Jacobsen (2005) evaluaron tratamientos de inmersión en agua caliente contra *M. hirsutus*, encontrando que los huevecillos dentro de los ovisacos son el estado más tolerante y que el tratamiento cuarentenario, para obtener el tiempo letal de 99.9% requiere de

47.0, 21.2 y 11.9 minutos a 47, 49 y 49°C. Follet (2004) evaluó tratamientos de vapor caliente contra los estadios de la plaga, detectando que a 47 °C se requieren 45 minutos para matar a todos los estadios de la CRH y a 49 °C sólo se requieren 10 minutos para obtener el mismo resultado.

2.3.9.1. Manejo de la plaga

Echegoyén y González (2010) explican que para decidir la estrategia a seguir en el manejo de *M. hirsutus* debe considerarse lo siguiente: a) Existen experiencias exitosas de su manejo con el control biológico clásico; b) La dispersión natural de la plaga puede ser lenta, especialmente cuando está asociada con sus reguladores biológicos más eficientes (*Anagyrus kamali*); c) La plaga puede dispersarse artificialmente a grandes distancias, especialmente en material vegetal propagativo y en flores y follaje fresco, aunque también las aves y el ganado la pueden transportar; d) El control químico con plaguicidas se dificulta debido a la morfología de la plaga y sus hábitos; e) Ataca una gran variedad de hospedantes, desde hierbas rastreras o de muy baja altura hasta árboles de gran tamaño; f) Puede estar asociada en mutualismo con varias especies de hormigas, las cuales a cambio de sus excreciones azucaradas, le proporcionan protección de sus enemigos naturales y transporte a sitios de las plantas donde no se puede controlar con técnicas convencionales.

La implementación de programas de control biológico clásico ha tenido resultados positivos en regiones del Caribe, empleando los parasitoides exóticos *Anagyrus kamali* que es una especie asiática y *Gyranusoidea indica* especie africana (Meyerdik *et al.*, 1998). De estos dos parasitoides la especie clave es *A. kamali*, esto se debe a que el tiempo generacional es tan sólo de la mitad del de su hospedero, mientras que *G. indica* es de importancia secundaria. Y como un complemento para la disminución de poblaciones altas de CRH, se realizan liberaciones inundativas del depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant hasta que los parasitoides se establezcan (Michaud, 2003). Es importante mencionar que en países con inviernos fríos se han utilizado el depredador *Scymnus coccivora* y el himenóptero *Anagyrus dactylopii*.

Algunos estudios realizados en Papua Nueva Guinea mencionan que la presencia de las hormigas puede llegar a afectar el nivel de ataque de los parasitoides en la cochinilla (Buckley y Gullan, 1991). Por ello, la eficacia de los enemigos naturales en relación a la regulación de las poblaciones de *M. hirsutus* puede ser mayor si las hormigas que se encuentran presentes son controladas (Greve e Ismay, 1983).

2.3.9.2. Vías con Riesgo Fitosanitario.

Los riesgos más altos para países o áreas no infestadas localizados entre los 7 y 30° de latitud son las plantas, flores de corte, materiales de propagación vegetativa y otros como cultivo de meristemos importados de áreas infestadas por *M. hirsutus* (CABI 2005). La introducción accidental a nuevos territorios es altamente posible por diferentes medios (marítimo, aéreo, terrestre) y modalidades (por ejemplo correo, equipaje).

2.3.9.3. Manejo del riesgo

Los servicios de cuarentena deben poseer la lista actualizada de los países con presencia de CRH, para regular el comercio de plantas y partes de plantas vivas o sus productos, procedentes de esos países. El material de propagación de especies de plantas hospedantes de *M. hirsutus* debe inspeccionarse en el período de crecimiento previo al envío, para certificarlo como libre de infestación de la plaga. El Certificado Fitosanitario debe garantizar la ausencia de la plaga en los envíos de plantas o de sus productos. Los envíos de plantas frescas procedentes de áreas o países infestados a otra área o países libres de la misma, donde pueda desarrollarse *M. hirsutus*, debe inspeccionarse exhaustivamente para verificar la ausencia o presencia de la plaga (CABI, 2005).

2.4. Aguacate (*Persea americana*)

México es el principal productor y exportador internacional de aguacate, el valor estimado de la producción en 2009 fue de 1,264 millones USD (SIAP-SAGARPA, 2010). Con la dispersión y establecimiento de la CRH, se vería fuertemente afectada la comercialización local y de exportación; además de los incrementos en costos de producción y manejo postcosecha. En México hay una superficie de 107 mil hectáreas con huertos de aguacate, las cuales pueden verse afectadas por la CRH, además de 125 especies de cultivos frutales, ornamentales, hortalizas y forestales (SAGARPA, 2009). La Cochinilla rosada además de provocar daño al disminuir la producción y calidad, el comercio se restringe al impedir la comercialización hacia zonas libres de la plaga, lo que causaría enormes pérdidas económicas y problemas sociales.

La gran variedad y amplia superficie sembrada de hospederos de *M. hirsutus* en los estados colindantes a Nayarit y Jalisco, aunada a la diversidad de especies silvestres en la región, son un factor que incrementa la probabilidad de establecimiento. Michoacán es el principal estado productor y exportador de aguacate, además también es el principal productor nacional de guayaba con una producción de 127,830.38 toneladas que representan el 42% de la producción nacional, si la plaga llegara a establecerse en ese estado, podría causar grandes daños debido a que estos cultivos unidos a cítricos y mango representan una superficie de 175, 968.62 ha en el estado (SIAP, 2010). El USDA reporta que a un requerimiento de 300 grados días de desarrollo a una temperatura base de 17.5° C, *M. hirsutus* puede desarrollar de 8 a 11 generaciones en las áreas costeras. Sinaloa, Nayarit, Colima, parte del territorio de Jalisco y Michoacán se encuentran en esa condición.

En algunos países como EE.UU se ha estimado el daño promedio anual causado por las infestaciones de CRH. Se encontró que si no se realizan acciones de control de la plaga en Florida y el resto de, de ese país, se tendría un gran impacto negativo en la producción de vegetales; en Florida las pérdidas ascenderían a 43 millones USD. En todo el país, el daño anual total por la invasión de a CRH se calculó en 1,200 millones USD, considerando

daños a cultivos como aguacate, cítricos, algodón, cacahuate, soya y ornamentales (Ranjan, 2006).

En los países del continente Americano que han sido infestados por la cochinilla rosada, los principales impactos directos han sido (IICA, 1998):

- Pérdida en la producción de cultivos
- Reducción en la superficie cultivada
- Pérdidas en el comercio
- Incremento en los costos de producción
- Pérdida en el atractivo estético de propiedades residenciales y comerciales (hoteles, áreas turísticas, entre otras).
- Costos asociados con la ejecución y mantenimiento de programas de control.

En la Isla de Granada, las pérdidas relacionadas con la agricultura por concepto de cultivos afectados, ascendió a más de 3.6 millones de dólares americanos, equivalentes al 7.5% del aporte del sector agropecuario al producto interno bruto. Datos más recientes hacen alusión a las pérdidas ocasionadas por la plaga en esa isla entre 1995 y 1998, estimándose un valor total que asciende a 18.3 millones de dólares (Kairo *et al.*, 2000). En cuanto al impacto social, en Granada, cuando la infestación no se controló por más de un año, la cochinilla devastó plantaciones y jardines en los hoteles, lo que resultó en graves pérdidas para la industria del turismo y personas que trabajan en él (Peters, y Watson, 1999).

Todos los daños severos ocasionados por esta plaga se localizan en áreas que se encuentran entre los 7 y 30 ° latitud Norte (CABI, 2007). En general las pérdidas económicas han sido cuantiosas, en los países infestados que no estaban preparados para responder al problema. Para la subregión del Caribe se han reportado pérdidas aproximadas de 138 millones de dólares, según los datos disponibles de algunos países, quedando excluidos los costos y pérdidas por concepto de exportaciones (Pollard, 1995).

2.5. Encuesta

De acuerdo con Azqueta (1999) los posibles métodos para implementar la encuesta son los siguientes:

- a) Entrevistas personales. Sus ventajas son evidentes; permiten al encuestador ofrecer una información detallada, ayudarse de material visual (por ejemplo, gráficos, fotografías, otros), responder a las dudas que surjan a lo largo de la entrevista y en definitiva controlar el tiempo de la misma.
- b) Entrevistas telefónicas. Tiene la ventaja de que su costo es reducido, sin embargo se enfrenta a obvias limitaciones. La imposibilidad de utilizar ayudas visuales, así como de presentar una información detallada sobre el problema analizado, reducen su campo de aplicación a casos en los que el problema planteado es muy simple, bien conocido o fácilmente comprensible, y la respuesta no requiere de una gran elaboración. Su duración es corta.
- c) Cuestionarios o encuestas por correo. En este caso, el formulario se envía a una muestra representativa de la población, con un recordatorio a los que no responden en un tiempo prudencial. Su gran ventaja es el costo, permitiendo la utilización de ayudas visuales. Sin embargo, la ausencia del entrevistador no permite controlar el proceso de respuestas y tampoco permite aclarar las dudas que puedan surgir con algunas preguntas.
- d) Experimentos en laboratorio. A veces se tiene la posibilidad de reunir a un grupo seleccionado de personas en un lugar previamente fijado o aprovechar el hecho de que ya se encuentren reunidos en él (por ejemplo, estudiantes en un aula o ejidatarios en una asamblea) para preguntarles o cuestionar sobre el tema de interés, con la indudable ventaja de poder procesar la información cuando el grupo está todavía

reunido y hacer las modificaciones o experimentos adicionales pertinentes.

El inconveniente principal de esta vía estriba en que no es fácil reunir a un grupo representativo de personas, con las características deseadas para llevar a cabo el experimento.

La elección entre uno u otro mecanismo de encuesta dependerá no sólo de las características del problema planteado sino de lo que muchas veces es más importante, del propio presupuesto con el que se cuente para llevar a cabo el estudio. En el caso de esta investigación se realizó el mecanismo de Cuestionario o encuestas por correo.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados, con el apoyo del Departamento de Campañas de Prioridad Nacional de la Dirección de Protección Fitosanitaria DGSV -SENASICA, SAGARPA, México, D.F para la aplicación de encuestas al personal que labora en la campaña contra la Cochinilla Rosada del Hibisco.

El ARP se realizó conforme a los principios de la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias NIMF N° 11: Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados (2004) publicada por la Organización Internacional de Protección Fitosanitaria (FAO, 2007), NIMF No. 2, “Marco para el Análisis de Riesgo de Plagas”, la NIMF No. 21, “Análisis de Riesgo para Plagas No Cuarentenarias, reguladas” y la NIMF No. 6, “Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional”.

3.1. Elaboración del ARP

Etapa 1. Inicio del ARP de la Cochinilla Rosada (*Maconellicoccus hirsutus*). Se consideró la información de la ficha técnica elaborada por personal de SENASICA y se buscó información en las Bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización para la Protección de las Plantas de Europa y el Mediterráneo (EPPO), Crop Protection Compendium, Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) e información oficial del SENASICA, principalmente.

Se realizaron consultas bibliográficas en libros, folletos, revistas ubicadas en las bibliotecas de la Universidad Autónoma Chapingo y en el Colegio de Postgraduados, así como resúmenes de artículos de revistas encontradas en el CAB Abstrac.

Etapa 2. Evaluación del riesgo de plagas. En la presente investigación se propuso una herramienta para evaluar de forma cuantitativa el riesgo de la posible introducción, establecimiento y dispersión de la plaga CRH hacia nuevas áreas. Dicha herramienta se basa en el uso de árboles de decisión, datos estadísticos, conocimiento y datos de la biología de la plaga, el cultivo y el medio ambiente. Para obtener información real se aplicaron encuestas a investigadores y personal que labora en la Campaña Fitosanitaria Contra Cochinilla Rosada, las respuestas aportaron valores de probabilidad de ocurrencia de un evento en una escala de 0 a 1. El conocimiento de los expertos contribuyó para la elaboración o replanteamiento de las preguntas a partir de encuestas piloto y posteriormente en base a su experiencia otorgaron valores de probabilidad a las opciones de respuesta correspondientes a cada pregunta.

Etapa 3: manejo del riesgo. Con base en las etapas 1 y 2 del ARP realizado se dieron algunas opciones para el manejo del riesgo de la Cochinilla rosada del hibisco, tomando en cuenta los factores que aportan mayor probabilidad de riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de CRH en México. Por ejemplo: se recomienda no eliminar los cordones fitosanitarios ni la inspección

en los puntos de ingreso al país, ya que, esto incrementaría mucho la probabilidad de entrada de CRH a México. El monitoreo en las diferentes zonas del país que cuentan con hospedantes y ambiente favorable es indispensable para detectar brotes y promover así su control oportuno. Continuar con la inspección para detectar vegetales infestados, debido a que su movilización constituye la mayor probabilidad de dispersión.

3.1.1. Elaboración de encuestas

Las encuestas se elaboraron tomando en cuenta las NIMF No. 11, 2 y 21, se aplicaron encuestas piloto y en base a los comentarios recibidos por los especialistas en el área, se reestructuraron y se obtuvieron las encuestas definitivas (Anexo 1).

Posteriormente, con base en las preguntas definitivas establecidas en la encuesta se ajustaron y modificaron los árboles de decisión preliminares que se habían elaborado conforme a lo establecido en las diferentes normas.

3.1.2. Elaboración de árboles de decisión

Para comenzar a elaborar un árbol de decisión se definió la decisión primaria. Se utilizaron símbolos de diagramas de flujo para representar la estructura del árbol de decisión.

A partir de un recuadro inicial se dibujaron líneas (ramas) hacia la derecha para cada posible curso de acción y llegada a un nodo, y a partir de este nodo se dibujaron nuevas líneas (ramas) de cursos de acción para llegar a otros nodos. Se deben mantener las líneas lo más apartadas posibles para poder expandir el esquema en las áreas donde sea necesario.

Al final de cada rama se estimó cuál podría ser el resultado probabilístico. Cuando el resultado era incierto se dibujo un pequeño círculo. Si el resultado

era otra decisión se dibujó otro recuadro. Los recuadros representaron decisiones y los círculos representaron el final del proceso de decisión o de la rama del árbol. Se escribió la decisión o el causante en los cuadros o círculos.

Desde los círculos se dibujaron líneas que representaron las posibles consecuencias en los casos que fueron necesarios. Nuevamente se hizo una pequeña inscripción en los cuadros o círculos especificando su significado. Se continuó hasta que se tuvo en el dibujo tantas consecuencias y decisiones como fue posible tener asociadas a la decisión original.

Posteriormente se revisó el diagrama del árbol. Se verificó cada cuadro y círculo para constatar que no existía alguna solución o consecuencia sin considerar, y en tal caso agregarla. En algunos casos fue necesario dibujar nuevamente todo el árbol cuando partes de él se veían muy desarregladas o desorganizadas. Al final se obtuvo un buen entendimiento de las posibles consecuencias de las decisiones.

Finalmente, se llevó a cabo la **evaluación del árbol de decisiones**. Se analizó cada rama del árbol y se determinó la probabilidad de que ocurra cada ruta para conocer el riesgo que representa la plaga si sigue cada una de las posibles vías generadas en el árbol. Se inició por asignar la probabilidad de que se presentara cada uno de los posibles sucesos, y posteriormente con estos datos se determinó cuánto podría ser el riesgo al ocurrir cada caso o escenario.

Cuando se utilizan porcentajes, el total debe sumar 100%. Si se utilizan fracciones, estas deben sumar 1. Si se cuenta con algún tipo de información basada en eventos del pasado, existen las condiciones para hacer estimaciones más rigurosas sobre las probabilidades. De otra forma, debemos realizar nuestra mejor suposición.

Con esta información se genera un árbol parecido al de la figura 3.

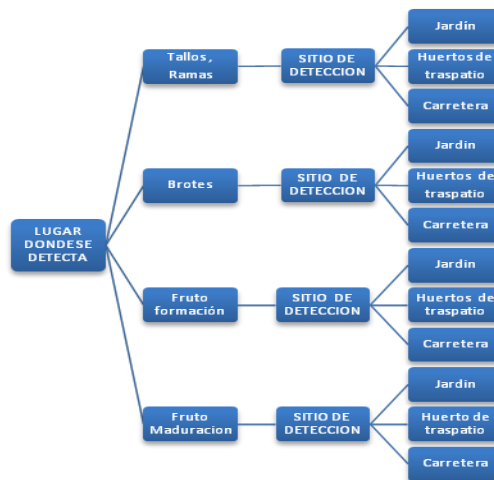


Figura 3. Árbol de decisión para determinar detección de la plaga.

Para **calcular los valores de probabilidad de los árboles de decisión**, se determinó el riesgo de ocurrencia de cada una de las diferentes rutas y se evaluó la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias inciertas, con ello se obtuvieron los valores que ayudaron a tomar decisiones. Se inició por la derecha del árbol de decisión, y se recorrió éste hacia la izquierda, multiplicando por cada uno de los valores asignados a los sucesos de una vía o ruta de la plaga. Cuando se completó un conjunto de cálculos en un nodo, se anotó el resultado. Se pueden ignorar todos los cálculos que llevan a ese resultado.

En resumen, para estimar la probabilidad final de un escenario se van multiplicando las probabilidades de las ramas que determinan el curso de acción, asumiendo que los eventos son independientes.

3.1.3. Análisis de la información

Se generó una base de datos con la información obtenida mediante las encuestas y la revisión de literatura, y se eliminó el valor más alto y el más bajo para cada caso, esto con la finalidad de disminuir la variación en los datos. Es importante mencionar que dichos valores se usaron para desarrollar e ilustrar la técnica de arboles de decisión y para aproximarse lo mas posible a la realidad en la elaboración del ARP en forma cuantitativa, pero es necesario contar con el mayor número de datos para aumentar la confiabilidad del ARP.

Por último, y siguiendo la lógica del árbol de decisiones, se registraron los promedios de los valores de probabilidad obtenidos para cada pregunta o paso en las diferentes rutas, estos valores se multiplicaron en cada caso para obtener el riesgo de cada ruta de sucesos encadenados que deben cumplirse de forma rigurosa, dicha secuencia de sucesos es conocido como escenario.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para la Etapa 1, ya se contaba con la Ficha Técnica elaborada por SENASICA para la CRH, la cual la categoriza como plaga cuarentenaria presente solo en algunas áreas y sujeta bajo control oficial.

En la etapa dos se emplearon árboles de decisiones para calcular la probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión de la plaga en México, el cual va a ser diferente en cada posible situación, en cada escenario. Es importante resaltar que las rutas de la plaga mas largas aportan valores de probabilidad de ocurrencia bajos, esto debido a que es menos probable que un gran numero de sucesos ocurran en el orden indicado, por el contrario cuando son pocos sucesos encadenados es mas fácil que se cumpla el orden establecido y por lo tanto la probabilidad de que ocurra esa ruta será mayor.

La etapa 3 se genera a partir del resultado que se obtenga al elegir o estar dentro de uno de los posibles escenarios, pero en general de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, para el manejo del riesgo se recomienda: no eliminar los cordones fitosanitarios, mantener funcionando los puntos de ingresos y cordones fitosanitarios, continuar con la vigilancia epidemiológica, capacitar y concientizar a los productores para el reconocimiento en campo de la plaga y su correspondiente notificación, debido a que son los factores que aportan valores mayores y por ello el riesgo sería muy alto si las actuales medidas fueran eliminadas.

Para determinar el riesgo en la etapa 2, con la ayuda del árbol de decisión elaborado, se obtuvo un valor de probabilidad de ocurrencia para cada escenario si se cumplen todas las condiciones en el orden de la ruta determinada. El valor de probabilidad arrojado por el árbol es el resultado de la multiplicación de los valores proporcionados por los expertos o personal relacionado con la plaga en las encuestas para cada suceso a lo largo de cada vía.

En el cuadro 1 se observa y describe de forma detallada como se obtiene el valor de probabilidad de ocurrencia para un posible escenario y posteriormente se describen algunos escenarios con su respectiva probabilidad de introducción, establecimiento y dispersión de la plaga.

Cuadro 1. Determinación de la probabilidad de que ocurra un escenario.

| % asignado por expertos en la encuesta | Descripción | Resultado |
|--|--|-----------|
| 0.28 | Probabilidad de que la CRH no se detecte en un punto de ingreso. | 28% |
| 0.72 | Probabilidad de que la CRH sobreviva a transporte sin ambiente controlado. | 20% |
| 0.50 | Probabilidad de que CRH sobreviva en huevecillo | 10% |
| 0.21 | Probabilidad de que no se detecte en un punto de verificación interna. | 2.1% |
| 0.76 | Probabilidad de que la CRH encuentre temperatura óptima. | 1.6% |
| 0.78 | Probabilidad de que la CRH encuentre un hospedante. | 1.2% |

Para la obtención del resultado de probabilidad de ocurrencia de una cadena de sucesos se van multiplicando los valores y el resultado final se multiplica por 100, por ejemplo: se multiplico $0.28 \times 0.72 = 0.2016$, después el valor se multiplica por 100 para obtener la probabilidad que ocurran estos dos sucesos $0.2016 \times 100 = 20\%$. En el ejemplo se van multiplicando los valores que aparecen en la posible ruta como se observa a continuación: $0.28 \times 0.72 \times 0.50 \times 0.21 \times 0.76 \times 0.78 = 0.0125$ el resultado final se multiplica por 100 para sacar el valor de porcentaje de probabilidad de que ocurra esta cadena de sucesos,

en este caso el valor obtenido representa el riesgo de entrada y establecimiento de la plaga si sigue estrictamente esa ruta: $0.0125 \times 100 = 1.2\%$. Como podemos observar a medida que se incrementan el número de sucesos disminuye la probabilidad de que ocurra esa ruta, debido a que es más difícil que coincida la secuencia de un mayor número de sucesos.

Es importante destacar que los valores de probabilidad de riesgo en algunos casos (rutas largas) se observan bajos debido a que entre mayor sea el número de factores que intervienen en el proceso de entrada, establecimiento y dispersión de la plaga, la probabilidad de que ocurra se reduce debido a que es más difícil que se vayan cumpliendo paso por paso cada evento involucrado.

En seguida se describen algunos de los posibles escenarios y su respectiva probabilidad de que la CRH se introduzca, se establezca y se disperse en México.

Escenario 1. Hay 0.2445 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún punto de verificación interna (PVI), sobrevive a condiciones de transporte sin ambiente controlado en estado de huevecillo, el productor no avisa y no coadyuva, no hay algún tipo de control y se dispersa por plantas, se detecta en brotes de una planta hospedante ubicada en un jardín, se encuentra en su mayoría en estado biológico de ninfa y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 2. Hay 0.07409 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive al transporte sin ambiente controlado en forma de huevecillos, encuentra un hospedante y temperaturas óptimas, se detecta en forma de ninfa sobre algún brote de su hospedante ubicado en un jardín, el productor no avisa y tampoco se involucra, no se aplica algún tipo de control y se dispersa por alguna herramienta o equipo.

Escenario 3. Hay 0.1111 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive en forma de

huevo durante el transporte sin ambiente controlado, puede dispersarse por el viento, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce algún tipo de control, se detecta en algún jardín, sobre el brote de un hospedante, en forma de ninfa y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 4. Hay 0.05315 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive en forma de huevecillo durante el transporte sin ambiente controlado, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce algún tipo de control, la plaga se dispersa por plantas, se detecta en forma de ninfa sobre brotes de algún hospedero ubicado en el trayecto de una carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 5. Hay 0.02094 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en el punto de ingreso ni en el PVI, sobrevive en forma de huevecillo durante el transporte sin ambiente controlado, puede dispersarse por medio del comercio, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce algún tipo de control, se detecta en forma de ninfa sobre brotes de algún hospedero ubicado en el trayecto de una carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 6. Hay 0.07098 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive en estado de huevecillo a condiciones de transporte sin ambiente controlado, se dispersa por plantas, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce control, se detecta en tallos o ramas de una planta hospedante ubicada en jardines, la plaga se encuentra en su mayoría en estado biológico de ninfa y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 7. Hay 0.02151 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive en forma de huevo al transporte sin ambiente controlado, se detecta en forma de ninfa en un jardín sobre tallos o ramas de su hospedante, encuentra un hospedante y temperaturas óptimas, el productor no avisa ni coadyuva, no se aplica algún tipo de control y se dispersa por alguna herramienta o equipo.

Escenario 8. Hay 0.00467 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en los puntos de ingreso ni en algún punto de verificación interna, sobrevive a las condiciones de transporte en estado de huevo, se dispersa por vehículos, el productor no notifica ni coadyuva, se detecta en forma de ninfa, en tallos o ramas de un hospedante ubicado a orilla de carretera y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 9. Hay 0.000303 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en el punto de ingreso o PVI, sobrevive a condiciones de transporte sin ambiente controlado en estado de huevecillo, puede dispersarse en plantas, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce algún tipo de control, se detectan ninfas en fruto en formación del hospedante ubicado a orillas de una carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 10. Hay 0.1028 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no fue detectada en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive a condiciones de transporte en estado de huevo, se puede dispersar por medio de plantas, el productor no avisa ni coadyuva, no se ejerce control, se encontraron adultos en tallos del hospedante y encuentra la temperatura óptima para su desarrollo.

Escenario 11. Hay 0.001558 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive como huevecillo durante el transporte sin ambiente controlado, se puede dispersar por equipos y vehículos, el productor no notifica ni coadyuva, se encuentra la plaga en estado adulto infestando fruto en formación de un hospedero ubicado a orilla de una carretera y se tiene la temperatura óptima para su desarrollo.

Escenario 12. Hay 0.00885 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en el PVI, se dispersa por comercio, no se controla, se detecta en carreteras un hospedante con ninfas en sus brotes, encuentra condiciones óptimas de temperaturas para el desarrollo de la misma y sobrevive como huevo durante el transporte sin ambiente controlado.

Escenario 13. Hay 0.02002 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive como huevo durante el transporte en condiciones sin ambiente controlado se dispersa por plantas, no hay control, el productor notifica y coadyuva, se detectan adultos de la plaga en tallos y ramas de un hospedante encontrado en un jardín y hay la temperatura óptima para su desarrollo.

Escenario 14. Hay un 0.001714 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte sin ambiente controlado en estado de huevo, la plaga se dispersa por comercio, no hay tratamiento para el control de la plaga aunque el productor notifica y está dispuesto a coadyuvar, se detectan tallos y ramas infestados con adultos de la plaga en un jardín y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 15. Hay un 0.16894 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por fenómenos naturales, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se detectan brotes infestados con ninfas de la plaga en un jardín y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 16. Hay un 0.00612 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, la plaga se dispersa por equipo y vehículos, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se detectan brotes infestados con ninfas de la plaga a orilla de carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 17. Hay un 0.010626 % de probabilidad de riesgo de que ocurra lo siguiente: no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por el comercio, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor

no notifica y no coadyuva, se detectan tallos y ramas con ninfas de la plaga en un jardín y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 18. Hay un 0.00177 % de probabilidad de que ocurriera lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, la plaga se dispersa por equipo y vehículos, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se detectan ninfas de la plaga en frutos en formación, en hospedantes ubicados a orilla de una carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 19. Hay un 0.00390 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por plantas, no se da algún tipo de tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se encuentran tallos y ramas con adultos de la plaga, en un hospedero a orilla de una carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 20. Hay un 0.03931 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se detectan ninfas de la plaga en brotes del hospedero ubicado en un jardín y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 21. Hay un 0.00336 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por el comercio, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se encuentran brotes con ninfas de la plaga en hospedantes a orillas de carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 22. Hay un 0.02620 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detectó en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se encuentran brotes con adultos de la plaga en un jardín y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 23. Hay un 0.00727 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por plantas, no se da algún tipo de tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se encontraron tallos y ramas con adultos de la plaga en un huerto de traspatio y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 24. Hay un 0.02506 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se detectan brotes con adultos de la plaga en un huerto de traspatio y se cuenta con las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 25. Hay un 0.0613 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de ninfa, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se detectan brotes con ninfas de la plaga en un huerto de traspatio y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 26. Hay un 0.01152 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo, se dispersa por agua, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor

notifica y coadyuva, se detectan brotes con ninfas de la plaga en un jardín y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 27. Hay un 0.02067 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor notifica y coadyuva, se encuentran brotes con ninfas de la plaga a orilla de carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 28. Hay un 0.0060 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo, se dispersa por plantas, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se detectan ninfas de la plaga en tallos y ramas del hospedero, a orilla de carretera y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 29. Hay un 0.02881 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo, se dispersa por viento, no se da tratamiento para el control de la plaga, el productor no notifica y no coadyuva, se detectan adultos de la plaga en brotes del hospedero en un jardín y hay las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 30. Hay 0.0040 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive a condiciones de transporte con ambiente controlado en estado de huevecillo, se dispersa por plantas, el productor no avisa y no coadyuva, no hay ningún tipo de control, se detecta en tallos y ramas de un hospedante ubicado en orilla de carretera, la plaga se encuentra en su mayoría en estado adulto y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 31. Hay 0.0092 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en un punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive al transporte con ambiente controlado en forma de huevo, se dispersa por plantas, el productor no avisa y no coadyuva, no se aplica ningún tipo de control, se detectan adultos de la plaga, sobre algún fruto en formación del hospedante, ubicado en un jardín y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 32. Hay 0.0512 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga se dispersa por el plantas, no se aplica algún control, el productor no avisa pero si coadyuva, se detecta en forma de ninfa sobre algún brote de un hospedante en algún jardín, sobrevive en forma de huevo durante el transporte con ambiente controlado, no se detecta en punto de ingreso ni en algún PVI y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 33. Hay 0.01828 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en forma de huevo, se dispersa por viento, el productor avisa y coadyuva, se detecta en forma de ninfa sobre brotes de algún hospedero encontrado en un jardín y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 34. Hay 0.00100% de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no es detectada en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en forma de huevo, la plaga se dispersa por medio del comercio, no hay algún tipo control, el productor avisa y coadyuva, se detecta en forma de ninfa sobre tallos y ramas de algún hospedero encontrado a orilla de carretera y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 35. Hay 0.00315 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en un punto de ingreso ni algún PVI, se dispersa por comercio, se detecta en brotes de un hospedante en alguna carretera en forma de ninfa, el productor no notificara ni coadyuva, sobrevive a las condiciones de transporte

con ambiente controlado en estado de adulto y encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 36. Hay 0.00309 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso o PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de adulto, se dispersa en plantas, el productor no avisa y no coadyuva, no hay algún tipo de control, se detectan adultos de la plaga en tallos y ramas del hospedero ubicado en un jardín y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 37. Hay 0.00059 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no es detectada en algún punto de ingreso ni en un PVI, sobrevive a condiciones de transporte con ambiente controlado en estado de adulto, puede dispersarse por comercio, el productor no avisa y no coadyuva, no se ejerce control, se detectan adultos de la plaga en frutos en formación del hospedante ubicado en un jardín y encuentra la temperatura óptima para su desarrollo.

Escenario 38. Hay 0.0046 % de probabilidad que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive como adulto durante el transporte en vehículo con condiciones de temperatura controlada, se dispersa por equipos y vehículos, el productor coadyuva y notifica pero no hay algún tipo de control, se detectan ninfas en brote de hospedero ubicado en un jardín y encuentra la temperatura óptima para su desarrollo.

Escenario 39. Hay 0.00130 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en un punto de ingreso ni en un PVI, sobrevive como adulto durante el transporte con ambiente controlado, puede dispersarse por el comercio, el productor notifica y coadyuva pero no hay algún tipo de control, se detectaron ninfas en tallos y ramas de un hospedante en un jardín.

Escenario 40. Hay 0.000019% de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detectó en algún punto de ingreso ni en el PVI, sobrevive como adulto durante el transporte con ambiente controlado, puede dispersarse por comercio, el productor notifica y coadyuva, no hay algún tipo de control, se

detectan ninfas sobre un fruto en formación en hospedante ubicado en carreteras y encuentra las condiciones óptimas de temperaturas para su desarrollo.

Escenario 41. Hay un 0.00052 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de ninfa, se dispersa por plantas, el productor notifica y coadyuva pero no hay algún tipo de control, se detectan adultos de la plaga en frutos de un hospedante ubicado a orilla de carretera y existen las condiciones óptimas para su desarrollo.

Escenario 42. Hay un 4.9144 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de huevo pero no hay las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 43. Hay un 3.0469 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detectó en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte sin ambiente controlado en estado de ninfa pero no hay las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 44. Hay un 1.8674 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto pero no cuenta con las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 45. Hay un 1.9111 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detectó en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo pero no cuenta con las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 46. Hay un 1.1849 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detectó en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive

durante el transporte con ambiente controlado en estado de ninfa pero no cuenta con las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 47. Hay un 0.7262 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, puede sobrevivir durante el transporte con ambiente controlado en estado adulto pero no cuenta con las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo.

Escenario 48. Hay un 3.4237 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado adulto, existen las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo pero no encuentra un hospedante.

Escenario 49. Hay un 2.1227 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: no se detecta en el punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de ninfa, existen las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo, pero no encuentra un hospedante.

Escenario 50. Hay un 1.3010 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, existen las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo pero no encuentra un hospedante.

Escenario 51. Hay un 1.3010 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de huevo, existen las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo pero no encuentra un hospedante.

Escenario 52. Hay un 0.8254 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte con ambiente controlado en estado de ninfa, existen las

condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo pero no encuentra un hospedante.

Escenario 53. Hay un 0.5059 % de probabilidad de que ocurra lo siguiente: la plaga no se detecta en algún punto de ingreso ni en algún PVI, sobrevive durante el transporte sin ambiente controlado en estado de adulto, existen las condiciones óptimas de temperatura para su desarrollo pero no encuentra un hospedante.

La **calificación final** de la probabilidad de ocurrencia de un escenario implica el cálculo de probabilidades de que ciertas variables climáticas ocurran en los períodos considerados como críticos para el establecimiento o la reproducción del organismo. El resultado final de la evaluación del riesgo son consideraciones objetivas que confieren una mayor confiabilidad al ARP (González, 2010).

Los árboles de decisión son herramientas excelentes que ayudan a realizar elecciones adecuadas entre muchas posibilidades. Su estructura permite seleccionar una y otra vez diferentes opciones para explorar las diferentes alternativas posibles de decisión. En este caso los posibles resultados corresponden a diferentes alternativas de ruta que puede seguir la plaga. Los árboles de decisión son guías jerárquicas multi-vía donde los valores de las características son el criterio diagnóstico para evaluar el riesgo de la plaga en el área de ARP. La jerarquía se refiere a que la toma de una decisión o camino que lleva a otra, hasta que todos los factores o características involucradas se hayan tomado en cuenta. Es multi-vía porque pueden existir más de dos opciones y es una guía porque al responder una pregunta se llega a una decisión (Rossiter, 1997).

El organismo inicialmente puede aparecer en cantidades muy pequeñas asociadas con el cultivo, y es posible que no sea identificado como riesgo antes de que sus efectos son notables (Reed, 2008).

5. CONCLUSIONES

Los árboles de decisiones pueden ser útiles para analizar y cuantificar el riesgo fitosanitario de la introducción, establecimiento y dispersión de la CRH en México.

La información obtenida mediante encuestas aplicadas al personal que labora en campañas o en investigación de CRH es importante para la elaboración del árbol de decisión, aunque hay dos tipos de inconvenientes:

- 1) Que la encuesta no sea respondida.
- 2) La diferente apreciación que tenga cada experto con respecto al problema

Los árboles de decisión son una herramienta efectiva para la predicción de probabilidades, por su estabilidad a través del tiempo, su fácil entendimiento y porque permite además de la predicción, la planeación de estrategias de manejo del riesgo.

Aunque se cuente con todas las herramientas que existen para la toma de decisiones, estas sólo sirven de ayuda a nuestro criterio, conocimiento y sentido común, ya que estos son nuestros mejores activos a la hora de realizar esta tarea.

Para la etapa uno ya existía una Ficha Técnica elaborada por SENASICA para la CRH, la cual la categoriza como plaga cuarentenaria presente solo en algunas áreas y sujeta bajo control oficial.

Para la etapa dos se emplearon árboles de decisiones para calcular el riesgo de la plaga, el cual va a ser diferente en cada posible situación, en cada escenario.

La etapa 3 se genera a partir del resultado que se obtenga al elegir o estar dentro de uno de los escenarios, pero en general para el manejo del riesgo se

recomienda: no eliminar los cordones fitosanitarios, mantener la vigilancia en los puntos de ingresos, continuar con la vigilancia epidemiológica, capacitar y concientizar a los productores para el reconocimiento en campo de la plaga y su correspondiente notificación, debido a que son los factores que aportan mayor riesgo y el riesgo sería muy alto si las actuales medidas fueran eliminadas.

El árbol de decisiones es muy sensible a las variables o factores involucrados y al juicio emitido por los expertos, por ello es necesario trabajar con los valores más apegados a la realidad, debido a que tienen una gran influencia sobre el resultado.

El riesgo que se evalúa en este análisis con la información obtenida puede variar en el futuro de acuerdo al tipo de hospedante, el tipo de manejo que en algún momento cambie, así como la adaptación o evolución del patógeno.

Los arboles de decisión como herramienta propuesta pueden ser la base para el desarrollo de estudios posteriores dirigidos a la elaboración de ARP cuantitativo. Son útiles para cuantificar el riesgo fitosanitario de otras plagas siempre y cuando se modifique la encuesta y el árbol de decisiones de acuerdo a la plaga y el cultivo bajo estudio. Lo anterior podría hacerse de manera sistemática mediante un programa de computo que aplicara una encuesta acerca de las generalidades y particularidades de la plaga y del cultivo y con esta información automáticamente generara los arboles de decisión, determinara los valores de riesgo de los diferentes escenarios y presentara los escenarios de mayor a menor valor de riesgo.

La Norma Oficial Mexicana NOM-006-FITO-1965 no incluye el Análisis de Riesgo de Plagas Cuantitativo por lo que es necesaria la revisión y actualización de la norma.

6. LITERATURA

APHIS. 1999. Look out for the pink hibiscus mealybug. USDA-Animal and Health Inspection Service. USDA Program Aid No. 1060. EUA 11p..

Azqueta, O. D. 1999. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Ed. Mc Graw Hill. España. 299 Pp.

Bartlett, B. R. 1978. Pseudococcidae. In: Clausen, C. P. Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pest and Weeds: a World Review. Agriculture Handbook No. 480. USDA. Washington, D. C. pp: 137–170.

Ben-Dov, Y. 1994. A Systematic Catalogue of the Mealybugs of the World. (insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) With Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Intercept publications, Ltd., Andover, England. 686 pp.

Berg, G. H. 1996. Análisis de riesgo por una vía respecto a *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (cochinilla rosada), a nivel global. Informe técnico, OIRSA, San Salvador, El Salvador, 32 p.

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., and Stone, C. J. 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth International, Belmont, Ca.

Bronson, R. 1983. Teoría y problemas de Investigación de Operaciones. Mc Graw-Hill. pp 167, 195-197.

Burmester, E. D. Declaration of David E. Burmester, Ph. D. California Avocado Commission et. al. United States District Court Eastern District of California. No. CIV. F-01-6578 REC SMS.

CABI. 2005. Crop Protection Compendium. Global Module. CAB International. United Kingdom.

CABI. 2007. Crop Protection Compendium. Global Module. CAB International. United Kingdom.

CARDI. 1997. Managing the pink mealybug. An example of regional collaboration in agricultural. En: Year in Review. Annual Report 1995- 96. Caribbean Agricultural Research and Development Institute. St. Augustine, Trinidad and Tobago.

Cuellar V. R. 1994. Análisis de Riesgo de Plagas en la importación de bulbos de ajo, con uso propagativo, procedentes de China a México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. 117p

Chong, J. H., A. L. Roda and C. M. Mannion. 2008. Life history of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), at constant temperatures. Environ. Entomol. 37: 323-332.

Daehler, C. C., Denslow, S. J., Ansari, S and Chi, K. H. 2004. Arisk-Assessment System for Screening Out Invasive Pest Plants from Hawaii and other Pacific Islands. *Conservation Biology*. Vol. 18, N°.2. p360-368.
http://www.fs.fed.us/psw/publications/denslow/psw_2004_denslow001.pdf

DOF. 2007. Ley Federal de Sanidad Vegetal. Diario Oficial de la Federación (DOF). Poder judicial. Suprema corte de justicia de la nación. Distrito Federal, México. Última reforma: URL:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfsv/LFSV_sent01_18nov08.pdf .

Echegoyén, R. P. E y González H. H. 2010. Plan de contingencia ante un brote de Cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) en un país de la región del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. OIRSA. FAO 2007. Pest Risk Analysis (PRA) Training. Pág. 150.

FAO. 1996. Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 2. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 20p.

_____. 1998. Determinación de la situación de una plaga en un área. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 8. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 12 p

_____. 2004. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 11. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 27 p

_____. 2005. Glosario de términos fitosanitarios. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 5. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 23 p.

_____. 2007. Pest Risk Analysis (PRA) Training. Participant Manual. FAO. Roma, Italia. pp. 150.

_____. 1998. Directrices para la vigilancia. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 6. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 8 p.

Follett, P. A. Generic vapor heat treatments to control *Maconellicoccus hirsutus* (Homoptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol* 2004. 97:1263–1268

Francis, A., K. A. Bloem., A. L. Roda., S. L. Lapointe., A. Zhang and O. Onokpise. 2007. Development of trapping methods with a synthetic sex pheromone of the pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) *Fla. Entomol.* 90(3): 440-446.

Ghose, S.K. 1972. Biology of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae, Hemiptera). Indian Agric. 16(4): 323-332.

Godfrey, K.E., K. M. Daane., W. J. Bentley., R.J. Gill and R. Malakar-Kuenen. 2002. Mealybugs in California vineyards. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 21612, Oakland, CA.

González G. E., Sánchez M. F., Esquivel V. E., Quezada G. A. Shang J., Lozano G. M. A., Urias L. P., Pozos P y España M. P. 2007. Estatus de la Cochinilla Rosada del Hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Green) en Valle de Banderas. In: Memorias del simposio de parasitología forestal, Aguascalientes. México. 5p Inédito.

González, H. H. 2011. FICHA TÉCNICA *Maconellicoccus hirsutus* (Green) Cochinilla rosada del hibisco (CRH). Colegio de Postgraduados. http://www.cesaveson.com/fckeditor/editor/filemanager/connectors/aspx/UserFiles/file/FT_CRH_2011.pdf

Greve J., Evan S., Ismay J.W., 1983. Crop insect survey of Papua New Guinea from July 1st 1969 to December 31st, 1978. Papua New Guinea Agricultural Journal, 32(1/4)

Hara A. H. y Jacobsen C. M. 2005. Hot water imersion for surface disinfestations of *Maconellicoccus hirsutus* (Homoptera: Pseudococcidae). Journal Economic Entomology 98(2):284-288

Hodges G.S y Hodges A. 2005. Pink Hibiscus Mealybug *Maconellicoccus hirsutus*. Training Manual. National Plant Diagnostic Network. USDA/APHIS National IPM, University of Florida. 132 p.

Hoy, M. A., A. Hamon, and R. Nguyen. 2002. Pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN15600.pdf>
IICA (1998): La emergencia, reproducción y propagación de la cochinilla rosada en las Américas. San José, Costa Rica. 31 p.

Izar, L. J. M. 1998. Fundamentos de investigación de operaciones para administración volumen II. Universidad Autonoma de San Luis Potosi. Pp 9-10

Jacobsen, C.M. y Hara, A.H. (2002): Field and postharvest treatments against the pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae). University of Hawaii at Manoa, Plant and Environmental Protection Sciences, TAHR, 461 W Lanikaula St, Hilo, HI. (En línea). Disponible en: <http://esa.confex.com/esa/2002//echprogram/paper6895.htm> Fecha de consulta 23 de Mayo de 2008.

Kairo, M.T.; Pollard, G.V.; Peterkin, D. y Vyjayanthi F. Lopez. (2000): Biological control of the hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) in the Caribbean. Integrated Pest Management Reviews. 5: 241-254.

Magarey, R. D. et al. 2007. NAPPFAST an internet tool for the weather-based modeling of plant pathogens. *Plant Disease* 91: 336-345.

Mani, M. 1989. A review of the pink mealybug *Maconellicoccus hirsutus* *Insect Science and its Application* 10, 157–167.

Meyerdirk, DE; Warkentin, R; Attavian, B; Gersabeck, E; Francis, A; Adans, M; Francis, G. 1998. Biological control Pink Hibiscus Mealbug project manual. USDA. p. 1-9.

Meyerdirk, D. E., R. Warkentin., B. Attavian., E. Gersabeck., A. Francis., M. Adams and G. Francis. 2003. Manual del proyecto para el control biológico de La cochinilla rosada del hibisco. IICA. Encontrado en: http://www.aphis.usda.gov/ppq/manuals/domestic/pdf_files/PHM_Espanol.pdf

Meyerdirk, D. E., R. Warkentin., B. Attavian., E. Gersabeck., A. Francis., M. Adams & G. Francis. 2001. Biological Control of Pink Hibiscus Mealybug Project Manual. USDAAPHIS- PPQ, Riverdale, MD. pp 194.

Michaud J. P. 2003. Three targets of Classical Biological control in the Caribbean: Success, Contribution, an Failure. In: First International Symposium on Biological Control of Artropods. Honolulu Hawaii. USA.335-432 pp.

Miller, D. R. 1999. Identification of the Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae. Center for Systematic Entomology, Gainesville, Florida. *Insecta Mundi* 13:3-4.

OIRSA. 2009. Unidad de comunicación y divulgación. Guía didáctica sobre plagas y enfermedades de importancia económica en la región del OIRSA. pp 21. encontrado en: http://www.oirsa.org/portal/documents/guia_didactica_plagas_y_enfermedades.pdf

Ojeda A. A. 2004a. Como identificar a la cochinilla rosada (CRH). Ficha técnica. CNRPF-4/17. Centro Nacional de Referencia en Parasitología Forestal. México. 4p.

Osborne L. S. 2005. Pink Hibiscus Mealybug management. University of Florida. IFAS. www.mrec.ifas.edu/Iso/PinkMealybug.html

OMC. 2011. http://www.wto.org/spanish/thewto_s/coher_s/wto_ippc_s.htm

Padilla M. R. 2000. Bioecología de la cochinilla rosada y su riesgo de ingreso en Honduras. *Manejo Integrado de Plagas* 57: 10–22.

Persad, A. and A. Khan. 2002. Comparison of life table parameters for *Maconellicoccus hirsutus*, *Anagyrus kamali*, *Cryptolaemus montrouzieri* and *Scymnus coccivora*. *BioControl* 47 (2): 137-149.

Peters T, Watson GW, 1999. The biological control of Hibiscus mealybug in Grenada. In: Bell K, ed. *Paths to prosperity: science and technology in the Commonwealth 1999/2000*. London, UK: Kensington Publications, 130- 132.

Pollard GV, 1995. Pink or hibiscus mealybug in the Caribbean. *CARAPHIN News*, 12:1-2

Ranjan, R. 2006. Economic impact of pink hibiscus mealybug in Florida and the United States. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 20: 353-362.

Roda A. 2005. Pink Hibiscus Mealybug sex pheromone trapping development. In: materials developed for the Pink Hibiscus Mealybug Workshop. University of Florida 23-24 of June. USDA/APHIS-NPB-NPDN-IPM. USA. 19p.

Rossiter, D. 1997. Basic Concepts and Procedures on Land Evaluation. Cornell University course Soil, Crop & Atmospheric Sciences. 'Special Topics in Soil, Crop & Atmospheric Sciences: Land evaluation, with emphasis on computer applications', Spring Semester 1997.

SAGARPA. 2004. Aplicará gobierno federal \$28 millones en fortalecimiento de medidas fitosanitarias en zona agrícola y forestal de Nayarit para control del insecto "cochinilla rosada". *Boletín Núm. 166/04. Dir. Gen. Com. Soc. 2 p.* <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2004/julio/B/66pdf.htm>

SAGARPA-SENASICA. 2009. Ficha Técnica *Maconellicoccus hirsutus* Green. consultado en: http://www.cesaveson.com/fckeditor/editor/filemanager/connectors/aspx/userfiles/file/ft_crh_2011.pdf

SAGARPA-SENASICA. 2011. Programas de trabajo de la campaña contra Cochinilla Rosada. consultado en: <http://www.senasica.gob.mx/?doc=22786>

Sgrillo B. R. 2005. Quantitative analysis tools for phytosanitary measures: a perspective from South America. International conference on sanitary & phytosanitary (SPS) risk assessment methodology. Washington D.C

SIAP. 2007. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/SIAP_2007.

SIAP-SAGARPA 2011. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/SIAP.2011>.

SINAVEF 2009. Plan de emergencia (Delimitación, contención y erradicación). Epidemiología fitosanitaria. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria 6 Informe. Proceso de prevención y análisis para la referencia epidemiológica de plagas de importancia cuarentenaria (PARE). http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/PARE_PlanDeEmergencia.pdf.

SINAVEF, Héctor González Hernández. 2010. Ficha técnica de *Maconellicoccus hirsutus* (Green), págs. 38.

SINAVEF. 2011. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria Reporte Epidemiológico Cochinilla rosada del hibisco. Universidad Autónoma de San Luis Potosí UASLP.

Stibick, J. N. L. (1997): New pest response guidelines. Pink Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*. USDA-APHIS.PPQ.

Sutherst, R. W. & A. S. Bourne .2007. Modelling non-equilibrium distributions of invasive species: a tale of two modelling paradigms. *Biological Invasions*, 6: 1231-1237.

Taha, H. A. 1992. Investigación de Operaciones. Alfaomega grupo editor. pp 1-3, 480-490, 494.

Vázquez, L. L.; Navarro, A. y Blanco, E. R. 2002. Riesgos de la Cochinilla Rosada (*Maconellicoccus hirsutus*) para Cuba. La Habana. INISAV. 41p.

Vitullio, J., S. Wang., A. Zhang., C. Mannion and J. C. Bergh. 2007. Comparison of the sex pheromone traps for monitoring pink hibiscus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Economic Entomology* 100(2):405-410.

Williams, D. J. 1985. Australian mealybugs. *British Museum (Natural History)*, London, UK. pp 431.

Williams DJ & Watson GW (1988) *The Scale Insects of the Tropical South Pacific Region Part 2 The Mealybugs (Pseudococcidae)*. CAB International, Wallingford (GB).

Williams, D. J. 1996. A brief account of the hibiscus mealybug *Nlacoizellicoccus hirsutus*, a pest of agriculture and horticulture, with descriptions of two related species from Asia. *Bulletin of Entomological Research* 86: 617-628.

Zettler J. L., Follet P. A. y Gill R. F. 2001. Quarantine security for Pink Hibiscus Mealybug with Methyl Bromide. 126-1 a 126-4.

Zhang, A., D. Amalin., S. Shirali., M. S. Serrano., R. A. Franqui., J. E. Oliver., J. A. Klun., J. R. Aldrich., D. E. Meyerdirk and S. L. Lapointe. 2004. Sex pheromone of the pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*, contains an unusual cyclobutanoid monoterpene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101: 9601-9606.

7. ANEXOS

A1. Encuesta aplicada a personal que labora en la Campaña Fitosanitaria contra la cochinilla rosada.

Encuesta para conocimiento de riesgo de cochinilla rosada

Maconellicoccus hirsutus, Green

Fecha:

Estado:

1. Indique el porcentaje de participación de los productores en la detección de la cochinilla rosada.
 - Notificación oportuna a la autoridad fitosanitaria de la presencia de la plaga: ___ %
 - Coadyuva en las acciones de control de la cochinilla rosada en sus predios : ___ %
2. Indique las especies vegetales y sus variedades presentes en la zona de influencia de su actividad fitosanitaria o de investigación y el porcentaje de pérdidas en la producción (t/Ha) debido al daño causado por la cochinilla rosada.

| Cultivo | Variedad | Superficie | Pérdida en producción (%) |
|---------|----------|------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

3. Marque con una X la opción que considera Usted que representa las pérdidas económicas causadas por la presencia de cochinilla rosada.

- menores al 10%
- entre el 11 y el 30%
- entre el 31 y el 50%
- entre el 51 y el 80%
- mayores al 80%

4. ¿En qué porcentaje se han reducido las exportaciones del producto en la zona de influencia de su actividad fitosanitaria o de investigación a causa de la cochinilla rosada? _____%

5. ¿Qué porcentaje de daño causan los diferentes estados biológicos de la cochinilla rosada?

Ninfa _____%

Adulto _____%

6. Con que porcentaje de probabilidad se detecta la cochinilla rosada en :

- Tallo y ramas _____%
- Brotes _____%
- Fruto en formación _____%
- Fruto en maduración _____%

7. Con que porcentaje de probabilidad se detecta la cochinilla rosada en:

- Huertos de traspatio _____%
- Jardines _____%
- Carreteras _____%
- Otros _____%

8. De acuerdo a su experiencia ¿Cuál sería la probabilidad de que no se detecte algún producto contaminado con cochinilla rosada en un punto de ingreso y un punto de verificación interna?

Punto de ingreso _____%

Punto de verificación interna _____%

9. ¿Qué porcentaje de eficiencia considera usted que tiene un punto de ingreso y un punto de verificación interna en la detección de cochinilla rosada?

Punto de ingreso _____%

Punto de verificación interna _____%

10. Indique la probabilidad en porcentaje de que la cochinilla rosada se introduzca en la zona de influencia de su actividad fitosanitaria o de investigación por los siguientes medios:

- Plantas u otros hospedantes infestados _____%
- Hospedantes transportados por avión _____%
- Hospedantes transportados por vehículos terrestres _____%
- Hospedantes transportados por barcos _____%
- Hospederos en el equipaje de pasajeros _____%
- Embalaje de madera _____%
- Material propagativo _____%

11. Indique el porcentaje de frecuencia en el empleo de los siguientes métodos para la identificación de la plaga:

- Morfología _____%
- Síntomas de daños en el hospedante _____%
- Otras _____% especifique _____

12. ¿Cuál es la probabilidad de que algún estado biológico de la cochinilla rosada sobreviva a:

Tratamiento hidrotérmico ___%

Bromuro de Metilo ___%

13. ¿Cuál es la probabilidad de que la plaga pueda sobrevivir a las siguientes condiciones de transporte?

Transporte con ambiente controlado ___%

Sin control de temperatura ___%

Otro ___% (especifique): ___%

14. ¿Usted considera que la cochinilla rosada tiene potencial para competir o afectar especies de flora o fauna endémica: ¿si o no?, ¿Cuáles?

15. Para permanecer la cochinilla rosada en el medio ambiente, ¿Cuál estado biológico considera usted que tiene mayor importancia por su capacidad de supervivencia?. Marque con una X.

- Huevo__
- Ninfa __
- Adulto__

16. Cuál es la probabilidad de que la plaga encuentre las siguientes condiciones en su zona de acciones fitosanitarias?.

Temperatura favorable ___%

Hospedante susceptible o preferencial ___%

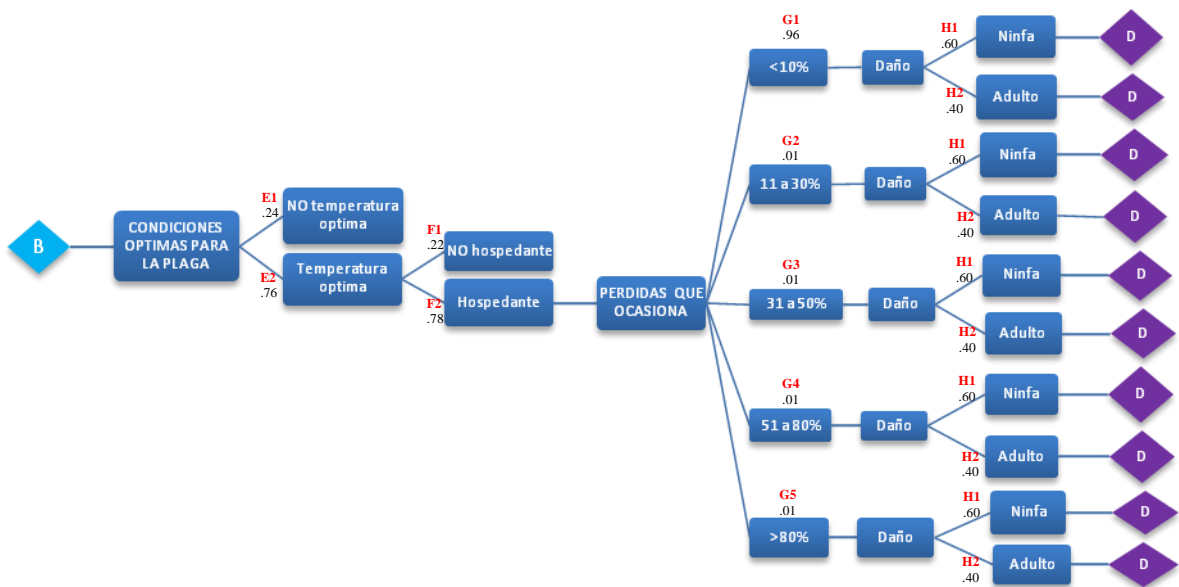
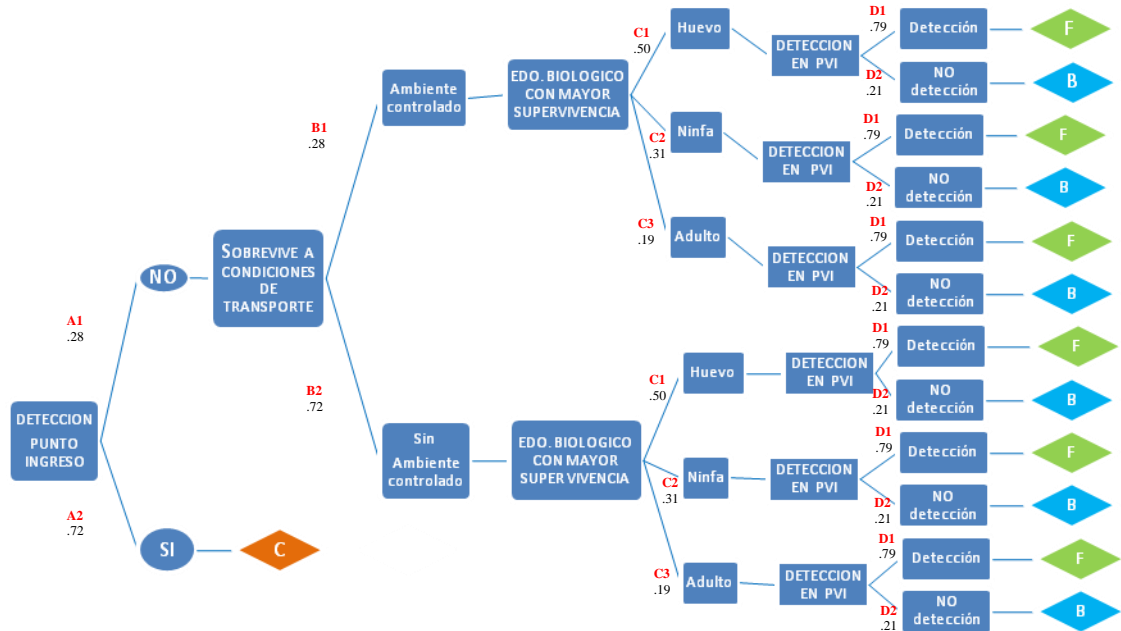
17. De acuerdo a su experiencia, la probabilidad de dispersión de la cochinilla rosada de acuerdo a las siguientes formas es:

- Antropocéntrica___%
- Asociada a hospedantes___%
- Agua___%
- Viento___%
- Mediante el comercio___%
- Herramientas___%
- Equipos y vehículos___%
- Animales___%
- Fenómenos naturales como ciclones___%

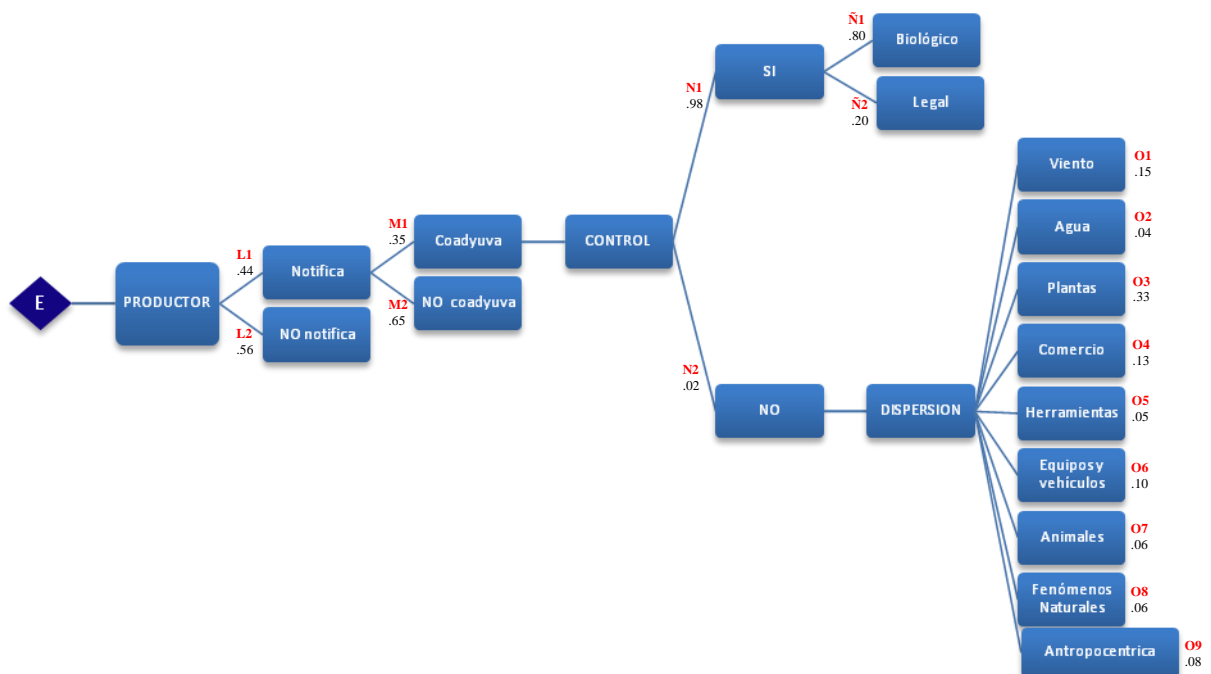
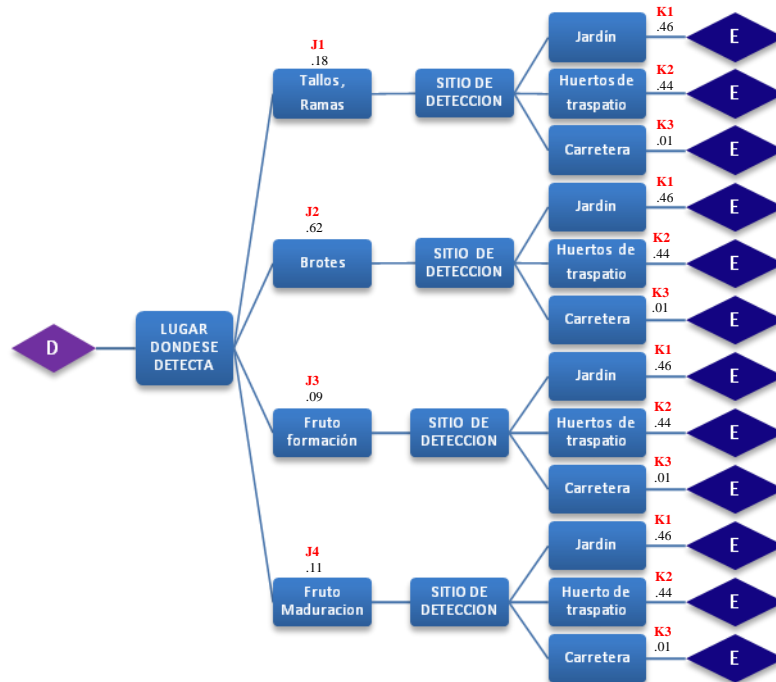
18. De acuerdo a su experiencia, asigne el porcentaje de disminución de la población de cochinilla rosada de acuerdo a los siguientes métodos:

- Control legal___%
- Control biológico___%

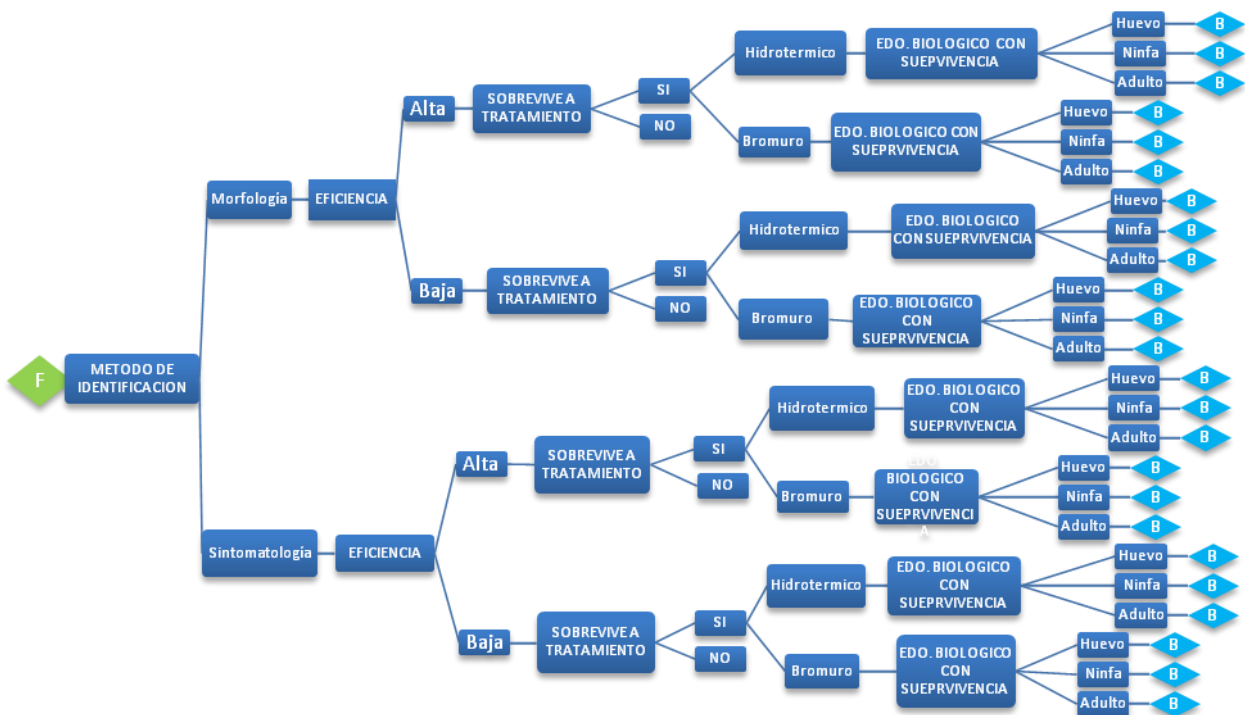
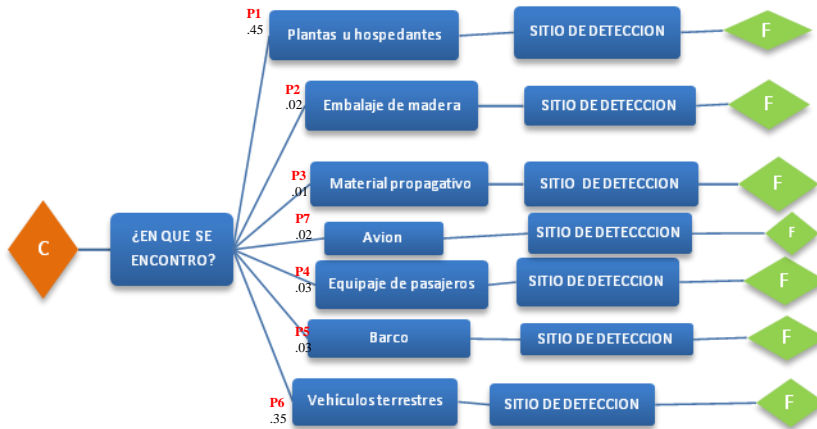
A2. Árbol de decisión para determinar el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de la cochinilla rosada en México.



Continuación de la página anterior.



Continuación de la página anterior.



ANEXO 3. Macho y hembra de CRH, parasitoide y depredador usados para su control.

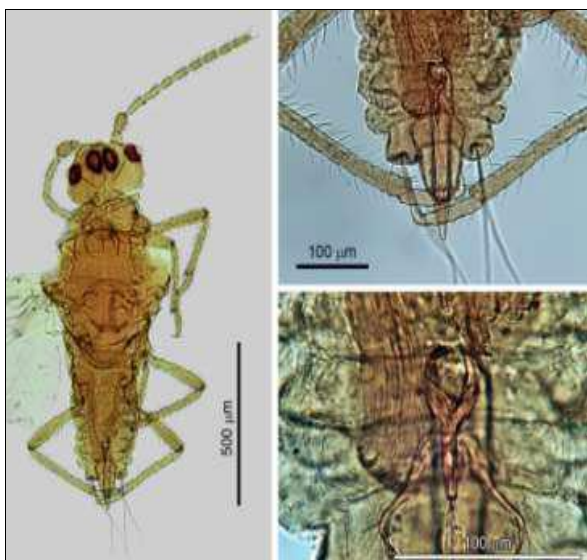


Figura 1. Macho adulto de CRH, con acercamientos del área del aedago, que muestra el esclerito en forma de “Y” en las base de éste (imágenes superior derecha e inferior derecha). Imagen tomada por J. Valdez C., 2009.



Figura 2. Colonia de CRH en rama de hibisco. Cortesía del Programa Emergente Regional contra CRH en Nayarit y Jalisco, México (2004).



Figura 3. Hembra adulta del parasitoide *Anagyrus kamali*. Cortesía del Programa Emergente Regional contra CRH en Nayarit y Jalisco, México (2004).



Figura 4. Adulto del depredador *Cryptolaemus montrouzieri*. Recuadro superior derecho con larvas del depredador. Ambos atacando colonia de CRH. Cortesía del Programa Emergente Regional contra CRH en Nayarit y Jalisco, México (2004).

Fuente: SINAVEF 2010. Ficha técnica de *Maconellicoccus hirsutus* (Green).