



EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO DE LA ENFERMEDAD DE LOS CITRICOS HLB (GREENING) EN LA CADENA CITRICO LA MEXICANA

Marzo 2010

**Diznarda Salcedo, Raúl Hinojosa, , Gustavo Mora, Ignacio Covarrubias,
Fernando DePaolis, Saturnino Mora, Carlos Cíntora, Gerardo Méndez**

RESUMEN EJECUTIVO

En respuesta a la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticum*, causante de la enfermedad de los cítricos conocida como HLB (Greening) en Tizimín, Yucatán en julio del 2009, la DGSV-SENASICA y el IICA acordaron que se realizara un estudio sobre las implicaciones que tendría para la industria citrícola mexicana el ingreso y establecimiento de dicha enfermedad, considerada devastadora, en territorio nacional.

La presente evaluación tuvo como objetivo general cuantificar los impactos económicos que traería el HLB a la cadena citrícola mexicana, de no tomarse ninguna acción al respecto; y en particular, comparar las medidas preventivas y/o de control que está tomando México, con respecto a las acciones instrumentadas por otros países que enfrentan el mismo riesgo. Para cumplir con el objetivo principal se aplicaron tres metodologías distintas para evaluar los impactos en: 1) la actividad productiva primaria, se realizó un análisis productivo-epidemiológico, con el que se evaluaron dos escenarios de pérdida, mediante el diseño y estimación de una matriz con diferentes técnicas estadísticas; 2) para la agroindustrial o transformación, se efectuó la combinación de indicadores técnicos estimados base 2008, con los escenarios de riesgo de pérdida en producción de cítricos a nivel actividad primaria; para la estimación de los indicadores se utilizó tanto información general publicada como específica capturada mediante la aplicación de una encuesta a empresas y plantas procesadoras, estadísticamente seleccionadas por un muestreo estratificado y; 3) para la economía en su conjunto, en donde el impacto se evaluó tanto para el sector citrícola como para otras actividades relacionadas a la citricultura nacional, mediante la estimación del modelo IMPLAN, tipo insumo producto, previamente utilizado para el mismo propósito por la Universidad de Texas A&M.

Dentro del análisis productivo epidemiológico se identificaron y analizaron las características del sector productivo citrícola, incluyendo sus principales zonas productoras con especies y variedades, tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes, condiciones agro-climatológicas de los cultivos, los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su grado y distribución espacial, así como, una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar escenarios de riesgo.

Para el análisis de la agroindustria se analizó su conformación e interrelaciones entre las empresas y plantas que la integran (empacadoras, cepilladoras, enceradoras, comercializadoras y procesadoras de cítricos) incluyendo su estructura de costos, productos que generan, destino comercial de los mismos, entre otros: costos/precios de materias primas (cítricos frescos como naranja, limón, toronja y mandarina); cantidad y costo de insumos; servicios y personal ocupado en la etapa de procesamiento (tanto operativo como administrativo); materiales para envase, empaque y embalajes; volúmenes y valores de los productos procesados; exportaciones de los frescos con valor agregado (ej. limón persa cepillado) y los industrializados como jugos simples y concentrados, aceites esenciales, cáscara deshidratada y pectinas; capacidad instalada y utilizada de las empresas agroindustriales; costos de transporte (tanto de materia prima como de producto terminado) y de energía.

Las pérdidas estimadas para las tres etapas de la cadena citrícola mexicana se cuantificaron a distintos horizontes de tiempo, y bajo tres escenarios de riesgo distintos (bajo, moderado, alto) a partir de establecido el HLB en el país. Bajo la cobertura y supuestos del análisis económico, los resultados de la evaluación fueron:

Pérdidas potenciales para la actividad citrícola primaria

Para el primer escenario, que consistió de la estimación de pérdidas potenciales de producción citrícola bajo un esquema epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productoras del país, los resultados indicaron:

- Que el impacto potencial del HLB depende de la magnitud de superficie sembrada y nivel de los rendimientos en los distintos estados del país, siendo Veracruz con naranja, toronja y limón persa, el estado que enfrentará un impacto alto en pérdida de su producción; Colima y Michoacán, con limón agrio o mexicano, de alto a moderado; y Tamaulipas con naranja, moderado y, con toronja, bajo. La naranja representó el 43% del valor total de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano alrededor del 1%.
- Con naranja exclusivamente, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco enfrentarían impacto moderado; mientras que Nuevo León y San Luis Potosí, aunque cultivan más de 25 mil hectáreas, por tener bajos rendimientos enfrentarán un impacto bajo, al igual que el resto de entidades productoras de naranja. La pérdida en producción nacional de naranja ascenderá a 1.8 millones de toneladas, contribuyendo Veracruz con el 47% (846,543 toneladas), el conjunto de estados expuesto a riesgo moderado (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) con el 18% (329,354 toneladas), y los 22 estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, con el 35% restante (644,743 toneladas, en conjunto).
- A la pérdida en producción nacional de toronja, Veracruz contribuirá con el 63% (111,949 toneladas); mientras que 8 estados con el 20% (36,077 toneladas) y otros 10 entidades con el 17% restante (30,195 toneladas).
- Las pérdidas que enfrentaría el país en la producción de limón agrio será del orden de las 183,168 toneladas, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con el 48% (87,765 toneladas); Michoacán frente a impacto moderado, con el 32% (59,071 toneladas); y otros 20 estados expuestos a impacto bajo, con el 20% restante (36,332 toneladas). De limón persa, Veracruz perderá 75,987 toneladas, contribuyendo con el 64% a la pérdida nacional; otros 5 estados que enfrentarán impacto moderado, con el 19% (22,882 toneladas); y 14 entidades, ante impacto bajo, con el 16% restante (19,380 toneladas).
- La pérdida nacional para el conjunto de cítricos, frente a un impacto bajo del HLB, será de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, correspondiendo a naranja y toronja las mayores pérdidas (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón en sus distintas variedades (10%). Ante un impacto moderado, la pérdida será de 2.35 millones de toneladas (32% de la nacional), siendo nuevamente los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%). Bajo un impacto alto, la pérdida se incrementará a 3 millones de toneladas equivalentes al 41% de la producción del país, creciendo el impacto para naranja y toronja al 53%, para mandarina al 26% y para limón al 18%.
- La pérdida de jornales para el cultivo del conjunto de cítricos crecerá de 4 millones frente a un

impacto bajo, a 12.6 millones ante un moderado y a 19.3 millones bajo un alto.

Para el segundo escenario, que consideró condiciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad del proceso epidémico; o sea, una intensidad variable y distribución gradual de HLB en el país, los resultados indicaron que:

- El escenario epidémico del HLB en México puede ser variable en función de la inductividad diferencial regional, entre los que destaca el clima y la estructura de hospederos cítricos en relación a susceptibilidad al patógeno y superficie sembrada. Veracruz, Colima y Michoacán se consideran entidades de alto riesgo epidémico y de impacto comercial. La Península de Yucatán y la vertiente del Pacífico constituyen regiones de riesgo epidémico pero de relativo bajo impacto económico local.
- Frente a un riesgo donde concurrirían en tiempo, entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado máximo de pérdida sobre la producción nacional para el conjunto de cítricos sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 38% (2.7 millones de toneladas de fruto) a cinco años.
- Desagregando los impactos por especie cítrica en los tiempos y niveles de riesgo epidémico, a 3 años de establecido el HLB, bajo un escenario de riesgo alto, la pérdida total de cítricos en el país será de 1.7 millones de toneladas y de 12.2 millones de jornales, correspondiendo los mayores impactos a naranja (1.4 millones de toneladas y 9.6 millones de jornales) y en menor medida a toronja (196 mil toneladas y 1.2 millones de jornales), limón (153 mil toneladas y 1.3 millones de jornales para el conjunto de las 3 variedades) y mandarina (22 mil toneladas y 201 mil jornales).
- A cinco años de establecida la enfermedad y bajo un riesgo alto, la pérdida en la producción nacional ascenderá a 2.7 millones de toneladas de cítricos y a 19.3 millones de jornales, siendo nuevamente los mayores impactos para naranja, con cerca de 2 millones de toneladas y 13.7 millones de jornales; seguida de toronja, con 260 mil toneladas y 1.6 millones de jornales; conjunto de variedades de limón, con 415 mil toneladas y 3.5 millones de jornales; y finalmente mandarina, con 60 mil toneladas y 543 mil jornales.

Pérdidas potenciales para la agroindustria cítrica

Se estimaron los índices técnicos de la estructura de costos de producción, para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008, tanto para las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) como las transformadoras (extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), los cuales se determinaron a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima, sirviendo de base para la estimación de las pérdidas potenciales en la agroindustria. También se calculó un indicador para la mano de obra directa, en función de las toneladas de cítrico procesadas.

- A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto, la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas procesadoras de cítricos agrios será del 4% frente a un escenario de

pérdida bajo, de 9% ante un moderado y de 19% bajo un alto (bajando de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones), a cinco años de establecida la enfermedad; mientras que de cítricos dulces será de 11%, 33% y 48%, respectivamente. La reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas.

- La cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reducirá de 5.95 a 3.18 millones de toneladas, frente a un impacto alto del HLB y a los cinco años de establecido; mientras que la reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras.
- La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima, será de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios. Los empleos directos de la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas (de 7,072 en 2008 a tan solo 3,783 a cinco años de establecido el HLB); mientras que los de cítricos agrios en 485 (de 2,652 a 2,167).
- A tres años de establecido el HLB, la pérdida en el ingreso de las agroindustrias cítricas será de 507, 1,632 y 2,517 millones de pesos de 2008, frente a un riesgo bajo, moderado y alto, respectivamente; mientras que en generación de divisas, mediante exportaciones, de 130, 404 y 645 millones. Por su parte, la pérdida de empleos será a 282 frente a riesgo bajo, 929 ante moderado y 1,396 bajo alto.
- Las pérdidas en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos a cinco años de infestación, de no tomarse medidas preventivas y/o de control contra dicha enfermedad, para las plantas de cítricos agrios serán de \$1,385 millones de pesos del 2008, bajo un escenario de impacto alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante un bajo; siendo el mayor impacto para las empacadoras y en menor medida para las procesadoras. Los ingresos brutos de las empacadoras se reducirían \$1,218 millones (bajando de \$6,658 a \$5440 millones de 2008); mientras que los de las empresas procesadoras \$131 millones (de \$720 a \$589 millones).
- El valor de la producción de cítricos dulces se verá mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascenderá a \$1,131 millones frente a un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones bajo riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las empacadoras verán reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008, en presencia de un riesgo alto (de \$8,456 a \$4,524 millones); mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (de \$2,944 a \$1,575 millones), también a cinco años de establecida la enfermedad.
- El impacto que traerá consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, implicará una reducción en el ingreso de divisas al país, de 157 millones de dólares con respecto a 2008, equivalente al 30% (de 505 millones a 348 millones), frente a un riesgo alto y a cinco años de infestación. Los cítricos dulces dejarán de ingresar divisas por 106 millones de dólares, ante un riesgo alto, 73 millones bajo riesgo moderado y 22 millones frente riesgo bajo; mientras que los cítricos agrios por 51, 25 y 10 millones, respectivamente.

Pérdidas potenciales para la economía mexicana en su conjunto

Partiendo de los multiplicadores de empleo calculados por el modelo, los impactos estimados directos (para el sector agrícola), los indirectos (para las industrias que abastecen insumos al sector agrícola), así

como los inducidos (para la economía en su conjunto por las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB son:

- A un año de la infestación, la pérdida total de empleos de tiempo completo en la actividad citrícola nacional será de 4,105, 17,988 y 27,463, respectivamente, para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascenderá a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16, 50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos/de ingreso (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberán los mayores impactos.
- La pérdida en el valor de la producción nacional será mayor para el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería), dentro de los 10 principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido.
- A cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, la pérdida directa en el valor de la producción del sector primario ascenderá a 3,800 millones de pesos de 2008; mientras que la indirecta a 479 millones, la inducida a 65 millones y la total a 4,343 millones. En orden de importancia seguirá el sector “comercio y reparaciones”; el de “productos alimenticios, bebidas y tabacos”; y el de “otras actividades de negocio”. Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto será de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.
- También el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorberá las mayores pérdidas de empleo, ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superará en los tres casos. Para la economía en su conjunto y frente a un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.
- El mayor efecto directo y total de salarios lo tendrá el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque las remuneraciones de ese sector tienden a ser más altas que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector productos alimenticios, bebidas y tabaco será mayor.

Comparación de medidas preventivas y/o de control contra el HLB en México contra las de otros países.

- En respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticum* en Tizimín, Yucatán en julio del 2009, México respondió inmediatamente con un plan de emergencia para mitigar el riesgo de introducción y dispersión, el cual se contempla en la NOM-EM-047-FITO-2009 que entró en operación.
- La vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ciertas ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas, operación y esquema de financiamiento. Opera actualmente de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *C. Liberibacter* en estatus de exclusión y/o erradicación.
- Los resultados de Brasil y los actuales de México señalan que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, debido a la movilidad aérea del vector y del material propagativo;

por lo que la ejecución de acciones contra el vector son imperativas.

- Aunque en Florida se detectó la presencia del vector desde 1998, prácticamente no se ejecutaron acciones, por parte del gobierno, previo a la aparición del patógeno en el 2005, y las que actualmente se desarrollan son de protección mediante control químico y, en menor escala, a través de control biológico del vector.
- En Brasil no es clara la función gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones contra la enfermedad, observándose una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados, siendo en general San Pablo la entidad con mayor inversión privada y estatal destinada al manejo fitosanitario de dichos frutos. En San Pablo, se monitorean e inspeccionan periódicamente los efectos de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad. El patógeno estuvo presente en casi la totalidad de los municipios de dicho estado en 2009.
- En la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*C. Liberibacter*) por medio del método de crio-conservación in vitro (Ding, et al. 2008) teniendo una efectividad del 90%.

Con base en las conclusiones antes mencionadas, a continuación se plantean las siguientes recomendaciones:

- ✓ Que el SENASICA, a través de las instancias correspondientes, otorgue el apoyo necesario para la logística y ejecución de actividades de muestreo, monitoreo y manejo fitosanitario.
- ✓ Que se fortalezca e implemente un modelo de vigilancia epidemiológica que opere a nivel nacional y regional para el HLB y otras plagas de interés regulatorio de cítricos.
- ✓ Que se desarrolle y ponga en marcha un sistema automatizado de información, con datos históricos y actualizados permanentemente, relativos al clima, medio físico, hospedantes, manejo agronómico, organismos benéficos y dañinos, controles, detecciones en huertas y puertos de entrada, etc.
- ✓ Que se refuercen esquemas de colaboración con otros países para el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto al HLB.
- ✓ De ser necesario, que se considere la puesta en marcha de un programa regional preventivo y/o control contra el HLB, entre México, Estados Unidos y Centro América, por ejemplo.
- ✓ Que se realicen estudios más específicos para conocer el efecto que podría traer el HLB en la calidad de los frutos y, consecuentemente, en el porcentaje de jugo, la concentración de azúcares y la acidez
- ✓ Que se evalúe el impacto ambiental y la calidad de los cítricos a procesar con respecto a los residuos tóxicos que conservarían por el control químico adicional que se llevará a cabo dentro del manejo del HLB.

Contenido

I. Introducción.....	15
II. ANTECEDENTES DEL HLB (Greening).....	19
II.1. Detección de la enfermedad HLB.....	19
II.2. Progreso espacio-temporal de la infección.....	20
II.3. Tasas de incidencia.....	21
II.4. Distribución temporal.....	23
II.5. Distribución Espacial.....	28
II.6. Comportamiento de las poblaciones del vector <i>Diaphorina citri</i>	29
II.7. Manejo de la enfermedad HLB (Greening).....	33
III. IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD CITRICOLA MEXICANA.....	35
IV. METODOLOGIA.....	43
IV.1. El análisis productivo-epidemiológico	43
IV.2. El análisis de la etapa agroindustrial.....	44
IV.3. El análisis de la economía en su conjunto	45
V. ANALISIS EPIDEMIOLOGICO DEL IMPACTO DEL HLB (GREENING) EN EL SECTOR PRIMARIO DE LOS CITRICOS MEXICANOS.....	48
V.1. Metodología.....	48
V.1.1. La matriz productiva-epidemiológica y los escenarios planteados	48
V.1.2. Variables seleccionadas	51
V.1.3. Estimación estadística de los escenarios de riesgo	54
V.2. Resultados del análisis de impacto del HLB	55
V.2.1. Escenario 1.....	55
V.2.2. Escenario 2.....	61
V.2.3. Variables consideradas	62
V.2.4. Categorización del riesgo epidémico.....	64
V.2.5. Estimación de pérdidas de producción bajo un criterio epidémico	67
V.2.6. El modelo de temporalidad	67
V.2.7. La cuantificación de pérdidas de producción bajo los escenarios de riesgo establecidos.....	69

VI. EVALUACION DE LOS IMPACTOS ECONOMICOS DEL HLB (GREENING) EN LA INDUSTRIA CITRÍCOLA MEXICANA.....	73
VI.1. Metodología.....	73
VI.1.1. Características de la agroindustria cítrica nacional	73
VI.1.2. Información requerida.....	75
VI.1.3. Definición del cuestionario	75
VI.1.4. Diseño del muestreo estadístico	76
VI.1.5. Aplicación del cuestionario e información capturada	77
VI.2. Producción y destino de los cítricos	78
VI.3. Mercado de los cítricos y sus derivados	79
VI.4. Los procesos agroindustriales.....	80
VI.4.1. La clasificación de actividades industriales involucradas	82
VI.4.2. Los procesos de acondicionamiento.....	82
VI.5. Generación de indicadores técnicos y evaluación de impactos	82
VI.5.1. Indicadores técnicos asociados a la estructura de los costos de producción y valor de los productos	83
VI.5.2. Evaluación de impactos	86
VII. ANALISIS DE LOS IMPACTOS DEL HLB SOBRE LA ECONOMIA MEXICANA EN SU CONJUNTO	93
VII.1. Metodología	93
VII.1.1. Estructura de la base de datos y flujo de información	93
VII.1.2. Generación de multiplicadores.....	96
VII.1.3. Supuestos.....	97
VII.2. Resultados	97
VII.2.1. Resultados agregados.....	98
VII.2.2. Resultados desagregados	99
VIII. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O DE CONTROL CONTRA EL HLB (GREENING) EN MEXICO Y EN OTROS PAISES	103
VIII.1. Acciones ejecutadas dentro de la normatividad mexicana	104
VIII.2. Comparativo de acciones tomadas en México para combatir el riesgo de HLB y en otros países	108
IX. Conclusiones y recomendaciones.....	115
IX.1. Pérdidas potenciales para la actividad cítrica primaria	115
IX.2. Pérdidas potenciales para la agroindustria cítrica.....	117

IX.3. Pérdidas potenciales para la economía mexicana en su conjunto.....	118
IX.4. Comparación de medidas preventivas y/o de control contra el HLB en México contra las de otros países.	119
IX.5. Recomendaciones.....	119
X. Referencias Bibliográficas	121

Indice de Cuadros

Cuadro II.1 Tasas epidemiológicas de algunos países.....	21
Cuadro II.2 Tasas de infección de HLB en cítricos tratados y no tratados con insecticidas.....	24
Cuadro III.1 Producción y porcentajes de proceso de la producción para varios países.....	36
Cuadro III.2 Producción de cítricos en México	37
Cuadro III.3 Exportaciones mexicanas de cítricos frescos	38
Cuadro III.4 Exportaciones mexicanas de limón fresco y procesado.....	41
Cuadro V.1 Escala por grupo de cítricos.	51
Cuadro V.2 Valores usados para las variables de interés.	52
Cuadro V.3 Pérdidas potenciales de producción estimadas debido al impacto del HLB en naranja y toronja en los estados.....	59
Cuadro V.4 Pérdidas potenciales de producción en los estados debido al impacto del HLB en limón agrio/mexicano y limón persa.	60
Cuadro V.5 Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica asumiendo el ingreso y establecimiento de <i>C. Liberibacter</i> en el territorio mexicano.	61
Cuadro V.6 . Pérdidas potenciales de producción promedio de cinco especies cítricas frente al HLB. ..	70
Cuadro V.7 Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica.....	71
Cuadro VI.1 Estratos utilizados en el muestreo probabilístico.	76
Cuadro VI.2 Tamaño de la muestra por estrato.	77
Cuadro VI.3 Producción y destino de los cítricos dulces en 2008.....	78
Cuadro VI.4 Producción y destino de los cítricos agrios en 2008.	79
Cuadro VI.5 Empacadoras e industrializadoras de cítricos en México.	81
Cuadro VI.6 Pérdidas potenciales de la materia prima para evaluar los impactos en la agroindustria.	86
Cuadro VI.7 Pérdidas en ingresos, generación de divisa y empleo en la agroindustria a 3 años de establecido el HLB.....	87
Cuadro VI.8 Valor de las pérdidas totales en la agroindustria de cítricos.	91
Cuadro VII.1 Pérdidas en el volumen y valor de la producción de cítricos bajo diferentes niveles de riesgo a tres horizontes de tiempo.....	95
Cuadro VII.2 Base de empleo generada del análisis	98
Cuadro VII.3 Pérdida de empleos de tiempo completo.....	99
Cuadro VII.4 Impacto en producción de los principales sectores, por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)	100
Cuadro VII.5 Impacto en empleo de los principales sectores, por efectos indirectos.....	100
Cuadro VII.6 Impacto en salarios de los principales sectores, por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)	100
Cuadro VIII.1 Acciones coordinadas por SENASICA_DGSV contra <i>Candidatus Liberibacter</i> en México ..	106
Cuadro VIII.2 Actividades complementarias para contrarrestar la enfermedad del HLB.....	107
Cuadro VIII.3 Acciones del HLB emitidas por otros países.....	109
Cuadro VIII.4 Tasas epidémicas de HLB en distintos países bajo diferentes esquemas de manejo.....	110

Cuadro VIII.5 Especificaciones para determinar una huerta centinela.	112
Cuadro VIII.6 Primeras detecciones del vector (<i>Diaphorina Citri</i>) de <i>C. Liberibacter</i> en países de interés para fines de epidemiología comparativa.	113

INDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Muestras positivas por edad del árbol.....	19
Figura II.2 Muestras positivas por variedad de cítrico.....	20
Figura II.3 Porcentajes de incidencia de HLB en municipios de Brasil.....	20
Figura II.4 Patrón de dispersión del HLB en un huerto con plántulas de mandarina Ponkan no infectadas, creciendo en un área con enfermedad durante un año.....	22
Figura II.5 Dispersión espacio-temporal del HLB en una plantación joven de naranja Hamlin en Brasil... ..	22
Figura II.6 Porcentajes de plantas infectadas con HLB.....	23
Figura II.7 Condados productores de cítricos e infectados con HLB en el estado de Florida.....	24
Figura II.8 Tasa de muestras positivas infectadas con HLB por mes.....	25
Figura II.9 Progreso de la infección con HLB en huertas de cítricos de hasta cinco años de edad.....	26
Figura II.10 Curvas de progreso de la incidencia del HLB clasificadas por la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma.....	26
Figura II.11 Curvas de la severidad de infección con HLB clasificadas de acuerdo a la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma.....	27
Figura II.12 Proporciones de infección con HLB en plantaciones jóvenes de cítricos en Cuba.....	27
Figura II.13 Evolución espacial de árboles infectados con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron evaluados cinco veces.....	28
Figura II.14 Fluctuaciones estacionales de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja Valencia y Marrs en Nuevo León, Mexico.....	29
Figura II.15 Captura de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de limón persa y toronja rio-red en Michoacán.....	30
Figura II.16 Detección de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja valencia en Yucatán.....	30
Figura II.17 Presencia de <i>Diaphorina citri</i> en cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León.....	31
Figura II.18 Infestación y brotes vegetativos de <i>Diaphorina citri</i> en cultivos de naranja de Nuevo León.....	31
Figura II.20 Presencia de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja Valencia con brotación vegetativa intensa en Nuevo León.....	32
Figura II.19 Infestación y brotes vegetativos de <i>Diaphorina citri</i> en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León.....	32
Figura II.22 Progreso de la erradicación de árboles con HLB en Sao Paulo, Brasil.....	33
Figura III.1 Producción de cítricos en el mundo.....	35
Figura III.2 Producción nacional de cítricos /1.....	38
Figura III.3 Destino del limón mexicano procedente de la zona del Pacífico.....	39
Figura III.4 Valor de las exportaciones mexicanas de cítricos y sus derivados.....	40
Figura III.5 Importancia relativa de la agregación de valor en empaque, manejo y comercio de cítricos.....	40
Figura III.6 Exportación de jugo de cítricos mexicanos.....	41
Figura IV.1 Metodología seguida en la estimación de escenarios de riesgo en la actividad citrícola primaria.....	43
Figura IV.2 Metodología seguida en la estimación de impactos en el sector agroindustrial.....	44
Figura IV.3 Metodología para evaluar los impactos del HLB a la economía mexicana.....	46

Figura V.1 Proceso para estimar escenarios de riesgo de pérdidas en el sector citrícola primario como consecuencia de la enfermedad HLB.....	49
Figura V.2 Pérdida de peso y de grados brix por fruto bajo condiciones sintomática y asintomática.....	52
Figura V.3 Procedimiento multivariado general aplicado para el análisis estadístico de los escenarios productivo y epidémico del impacto del HLB en la citricultura mexicana.....	55
Figura V.4 Agrupación por exploración gráfica de entidades federativas (siglas alfanumérica) en impacto alto, medio y bajo con respecto al efecto potencial del HLB en la producción del sector primario de cítricos definidas por los factores 1 y 2 de una análisis de componentes principales.	57
Figura V.5 Agrupación de los estados productores de cítricos (siglas alfanumérica) bajo niveles de riesgo epidémico con respecto al HLB, definidos por los factores 1 y 2 del análisis de componentes principales.	65
Figura V.6 Progreso epidémico del HLB a nivel regional	68
Figura VI.1 Metodología seguida en la cuantificación de impactos a la agroindustria.	74
Figura VI.2 Comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos y sus derivados.....	79
Figura VI.3 Márgenes de comercialización en el mercado nacional en 2008.....	80
Figura VI.4 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos agrios empacados en 2008.....	84
Figura VI.5 Estructura de costos de producción y valor de los productos cítricos agrios procesados en 2008.	84
Figura VI.6 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces acondicionados en 2008. ...	85
Figura VI.7 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces procesados en 2008.	85
Figura VI.8 . Impacto del HLB a los 5 años de establecido, en los volúmenes de cítricos agrios a procesar.	87
Figura VI.9 Impacto del HLB a los 5 años de establecido, en los volúmenes de cítricos dulces a procesar.	88
Figura VI.10 Efectos del HLB a los 5 años de establecido, en el empleo directo de las agroindustrias.	88
Figura VI.11 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos agrios.	89
Figura VI.12 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces.....	89
Figura VI.13 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en la generación de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados.	90
Figura VI.14 Pérdida de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados, agrios y dulces, a cinco años de establecido el HLB.	90
Figura VII.1 Metodología para la estimación de los impactos en la economía Mexicana.....	94
Figura VII.2 Flujo de información	96
Figura VIII.1 Instancias y dependencias involucradas en el desarrollo, evaluación y fortalecimiento de estrategias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB.....	103
Figura VIII.2 Ambitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB.	104
Figura VIII.3 Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB.....	105
Figura VIII.4 Progreso del HLB en Brasil bajo escenarios con y sin control de la enfermedad.....	110
Figura VIII.5 Progreso del HLB en Taiwán, con mandarina, bajo escenarios con y sin control.....	111

I. Introducción



En Julio de 2009 se detectaron los primeros brotes de la enfermedad Huanglongbing (HLB, también conocida como Greening o enverdecimiento) de los cítricos en la península de Yucatán, la cual causa severas pérdidas a las huertas infectadas de naranja, limón, toronja y mandarina, porque los árboles pueden morir en un periodo de 3 a 8 años, por lo que se requiere un control inmediato de esta enfermedad. Esta se considera la más devastadora de la citricultura mundial, muy superior a la de la “Tristeza de los cítricos” (INCA Rural / ITESM, 2007) y, a la fecha, no existe una medida de erradicación para esta enfermedad, considerándose que el único tratamiento consiste en eliminar los árboles infectados y controlar al vector (CNAS, 2007), básicamente suprimiéndolo con insecticidas (Sparks, 2008). De acuerdo con Sparks, una plantación de cítricos en la que se identifique un 5% de infección de HLB, la infestación puede avanzar a 20%, 40% y 80% en un periodo de cuatro años, y la diseminación de esta enfermedad en Florida está poniendo en riesgo los 9.3 billones de dólares que representa la industria de ese estado y los 76,000 empleos dependientes de ella y de las empresas relacionadas.

El HLB o Greening es ocasionado por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp, la cual es transmitida por insectos vectores; las variantes asiática y americana son diseminadas por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), el cual se encuentra ampliamente distribuido en México. Hasta el año 2004 el HLB se consideraba restringido a los continentes asiático y africano, en donde había sido identificado desde finales del siglo XIX y principio del XX; sin embargo, en Febrero de ese año se detectó en Brasil, en 2005 en Estados Unidos (Miami, Florida), en 2007 en Cuba (INCA Rural/ITESM, 2007) y recientemente en la República Dominicana, Belice y México. En territorio nacional, específicamente en los municipios de Tizimín, Rio Lagartos y Mococho de Yucatán, y Lázaro Cárdenas de Quintana Roo (Trujillo, 2009) en Agosto de 2009.

La presencia del HLB en el país pone en grave riesgo a la cadena citrícola mexicana, porque de ella dependen 69 mil productores y 154 mil empleos directos, de acuerdo con la Subsecretaría de Agricultura de la SAGARPA (2009). También están en riesgo 549 mil hectáreas sembradas de cítricos, alrededor de 60 viveros certificados y en trámite de certificación, 138 empacadoras, 110 enceradoras, 22 plantas jugueras, y 5 gajeras. El cultivo de cítricos absorbe el 40% de la superficie nacional sembrada de frutales y se presenta en 29 estados de la República Mexicana, aunque en 6 se concentra el 75% de la superficie cultivada.

El 30 de Agosto de 2007, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Oficina de Representación en México, firmaron el Acuerdo General de Cooperación Técnica y de Gestión de

proyectos para apoyar, fomentar y fortalecer la realización de programas y actividades en materia de desarrollo agropecuario y rural, sanidad, inocuidad y calidad, durante cinco años. Dentro de las disposiciones de dicho acuerdo, la SAGARPA, a través de su órgano desconcentrado, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) han venido suscribiendo programas operativos relacionados con sanidad; es en este contexto y ante la preocupación que representa la entrada del HLB a México, que el IICA y SENASICA acordaron llevar a cabo una evaluación de los impactos económicos de esta enfermedad en la industria citrícola mexicana.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar las pérdidas económicas que traería consigo la enfermedad de los cítricos HLB o Greening a México, en todos los eslabones de esta cadena agroalimentaria, de no tomarse alguna medida de control al respecto y, un particular, realizar un análisis comparativo de las medidas preventivas o de control que está ejecutando México contra el HLB, versus las ejecutadas por otros países que han enfrentado el mismo riesgo. El estudio fue realizado por un grupo interdisciplinario de especialistas nacionales e internacionales.

La estructura del presente estudio incluye, en el primer capítulo una introducción al tema; en el segundo, se presentan los antecedentes sobre la enfermedad HLB o Greening; en el tercero, la importancia que representa la actividad citrícola para México; y en el cuarto se aborda la metodología utilizada en la evaluación. En el apartado quinto, sexto y séptimo se analizan los riesgos que traerá la presencia del HLB a la producción citrícola primaria, a la agroindustria y a la cadena citrícola en su conjunto y empresas relacionadas, de no tomarse acciones al respecto. El capítulo octavo aborda un análisis comparativo de las medidas preventivas que está implementando México contra el HLB, versus las ejecutadas por otros países que han enfrentado el mismo riesgo. En el capítulo noveno se presentan las conclusiones de la evaluación sobre los impactos del HLB, con base a las cuales se proponen las recomendaciones correspondientes. Finalmente, en el apartado décimo se integra la bibliografía consultada.



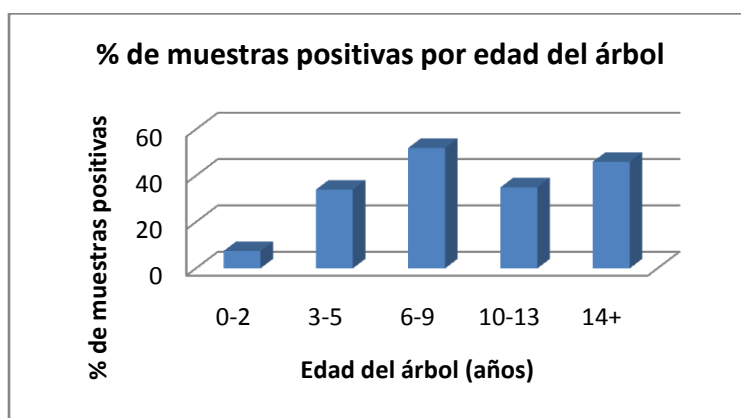
II. ANTECEDENTES DEL HLB (Greening)

II.1. Detección de la enfermedad HLB

La detección de árboles infectados en campo con HLB se realiza principalmente mediante la inspección visual para identificar síntomas visibles, y generalmente se usan métodos como: el biológico (biological indexing), la microscopía de luz o electrones, las reacciones en cadena de la polimerasa (PCR), el análisis de PCR en tiempo real, y la amplificación isotermal regulada. Sin embargo, ningún método es infalible debido a que la detección de un árbol enfermo se complica por la baja concentración y no homogeneidad de la bacteria (causante de la enfermedad) en los fluidos del árbol infectado. Los métodos más efectivos y de amplio uso son el de PCR en tiempo real y el PCR de tipo cuantitativo en tiempo real (Benyon et. al., 2008).

En la Figura II.1 se muestra el porcentaje de muestras declaradas como positivas de la enfermedad HLB, de acuerdo con la edad de los árboles muestreados, de donde se desprende que el mayor porcentaje de detección ocurrió en árboles de entre seis y nueve años de edad, en Florida EUA, (Irey, 2009).

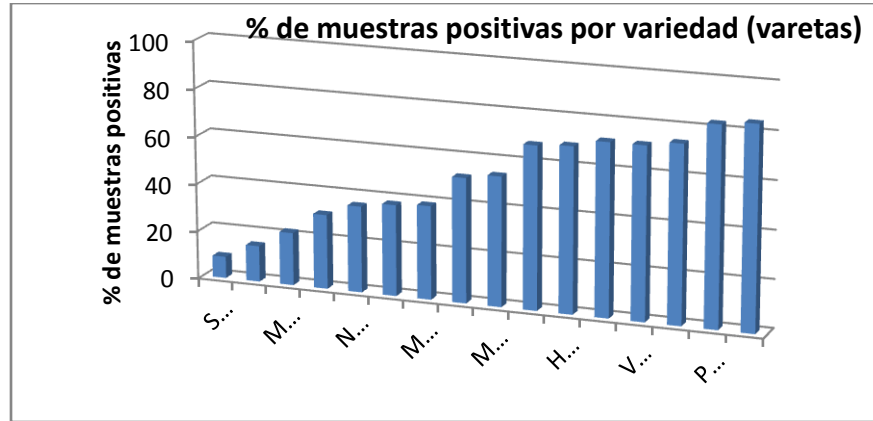
Figura II.1 Muestras positivas por edad del árbol¹.



La susceptibilidad de los cítricos al HLB es variable y depende además de la edad del árbol, de la variedad o tipo de cítrico. De acuerdo con la Figura II.2, los cítricos de Florida que generaron más muestras positivas al ensayo de HLB en laboratorio fueron naranja y toronja, mientras que los menos susceptibles las tangerinas, Irey (2009).

¹ Fuente: Adaptación propia con base en Irey (2009)

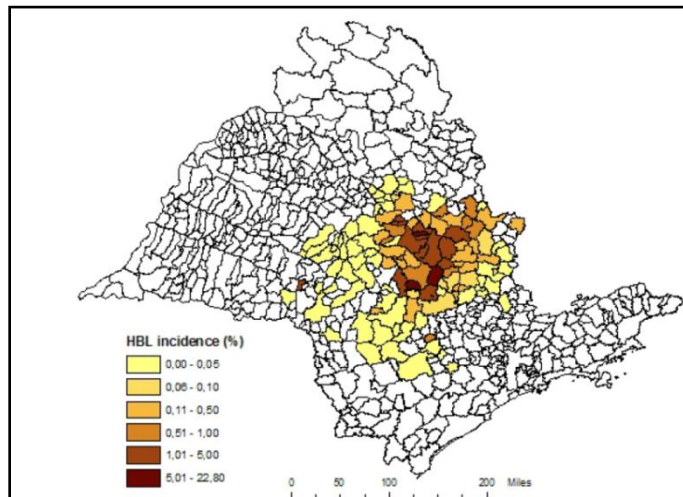
Figura II.2 Muestras positivas por variedad de cítrico2.



II.2. Progreso espacio-temporal de la infección

De acuerdo con el estudio de Gottwald et. al. (2007), en el desarrollo espacio-temporal de la infección con HLB en 123 municipios de Brasil, hasta marzo de 2007, las tasas de incidencia fueron relativamente bajas, no excediendo 23% (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) Los datos que sirvieron de base en esta detección fueron tomados de la campaña oficial de erradicación del HLB de Brasil.

Figura II.3 Porcentajes de incidencia de HLB en municipios de Brasil



² Fuente: Adaptación propia con base en Irej (2009)

II.3. Tasas de incidencia

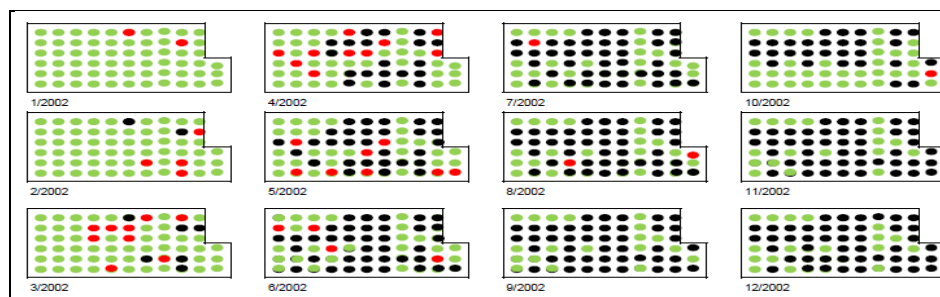
No existen estudios en México que proporcionen información acerca de las tasas epidemiológicas del HLB en cultivos de cítricos, porque a la fecha sólo se han detectado algunos brotes aislados. Sin embargo, otros países en donde la enfermedad entró con anterioridad, han monitoreado, aunque en extensión espacio-temporal limitada, el desarrollo de tal enfermedad. El Cuadro II.1 muestra tasas epidemiológicas detectadas por algunos investigadores en huertas de Indonesia, Taiwán y Brasil, en donde se observa que las tasas de infección varían entre el 17 y 90% dependiendo de la variedad (alcanzándose la más alta en mandarina de la Isla de Bali, Indonesia, a un periodo de cinco años, sin estar referidas al mismo periodo de tiempo).

Cuadro II.1 Tasas epidemiológicas de algunos países.

País	Cultivo	Tasa de infección	Periodo de tiempo	Referencia
Indonesia (Isla de Bali)	Mandarina	40%	2 años	Bove et. al., 2000
		90%	5 años	
Taiwán	Naranja dulce (sin aspersiones de insecticida)	57%	5 años	Hu, 2006
	Naranja dulce (con aspersiones de insecticida)	17%	5 años	
Brasil		27%	9 meses	Gottwald, et. al.,

Por su parte, en las Figuras II-4 y II-5 se muestra el desarrollo espacio-temporal de la infección de cítricos con HLB en Taiwán. De acuerdo con la Figura II.4, la dispersión de la infección ocurrió gradualmente, de árboles infectados hacia árboles vecinos sanos.

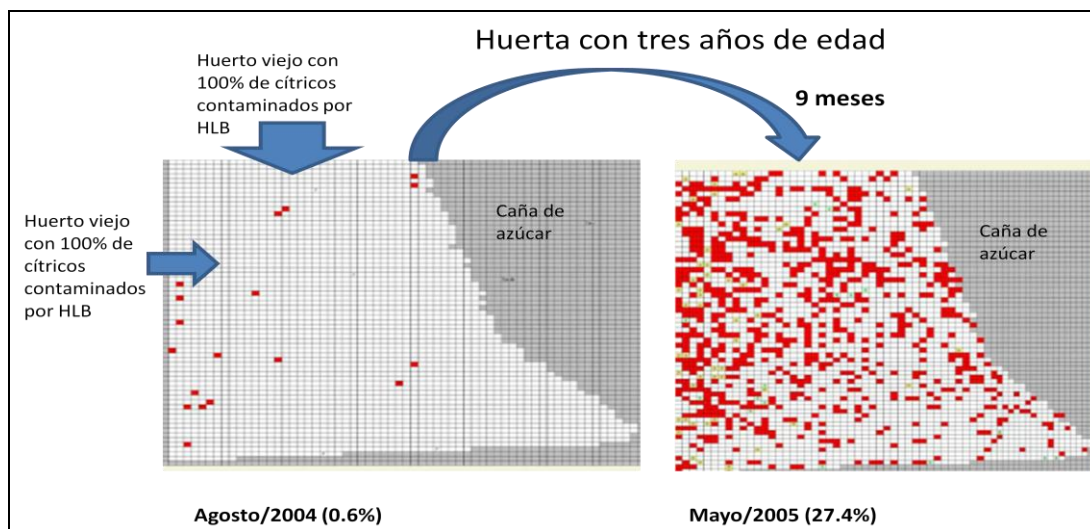
Figura II.4 Patrón de dispersión del HLB en un huerto con plántulas de mandarina Ponkan no infectadas, creciendo en un área con enfermedad durante un año³



Los símbolos ●, ●, y ● indican plantas sanas, ya enfermas, y recién infectadas en el mes actual, respectivamente.

La Figura II.5 muestra la rápida dispersión del HLB en una huerta de naranja Hamlin de Sao Paulo, Brasil, donde se alcanzó una infección mayor al 27% en tan solo nueve meses. Huertos viejos localizados junto a la plantación se encontraban infectados al 100% (el diagnóstico se hizo mediante evaluación visual), sirviendo como fuente de inóculo de la enfermedad. En este caso es claro el efecto de la reserva de inóculo sobre la velocidad y magnitud de la dispersión de la infección.

Figura II.5 Dispersión espacio-temporal del HLB en una plantación joven de naranja Hamlin en Brasil⁴.



Los cuadros blancos representan árboles sanos mientras que los rojos representan árboles infectados.

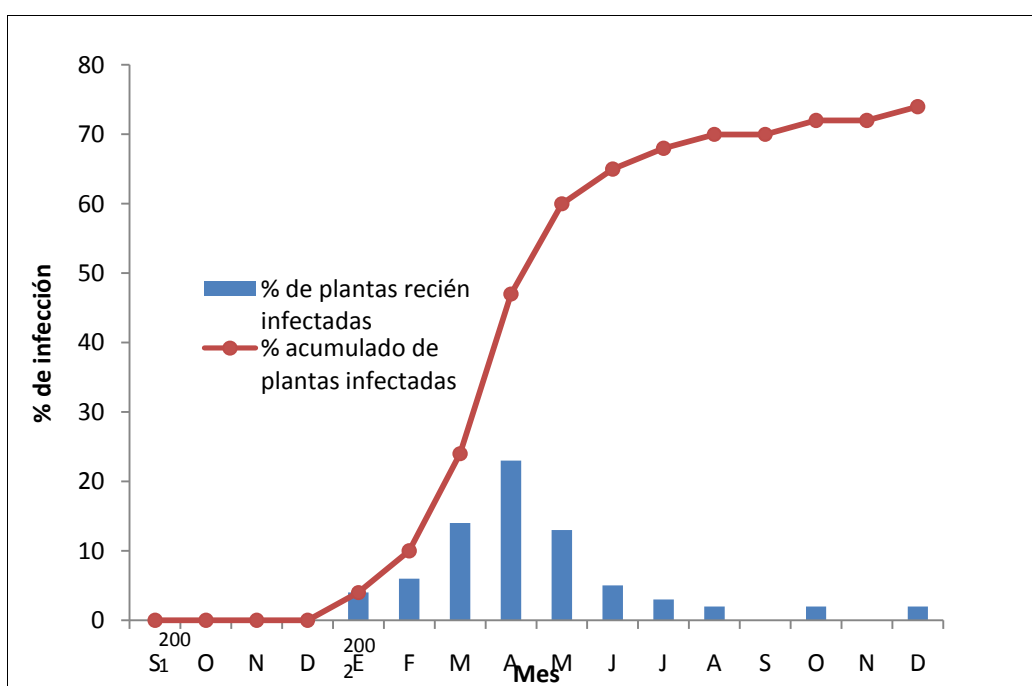
³ Fuente: Adaptación propia a partir de Jung (2006)

⁴ Fuente: Adaptación propia con base en Gottwald et. al., (2007)

II.4. Distribución temporal

En general, el patrón de crecimiento de cítricos infectados con HLB es de tipo sigmoideo y muestra que la tasa de crecimiento de la infección inicia lentamente pero conforme pasa el tiempo aumenta rápido para estabilizarse en forma lenta al alcanzar el valor asintótico del 100% de árboles infectados. De acuerdo a Hung (2006), la tasa de 70% de infección de HLB de mandarina Ponkan en huertas de Taiwan se alcanzó en un periodo de dos años, cuando no se efectuaron aspersiones para el control del psílido ni se eliminaron arboles infectados con HLB (Figura II.6), siendo el patrón de árboles infectados de tipo sigmoideo.

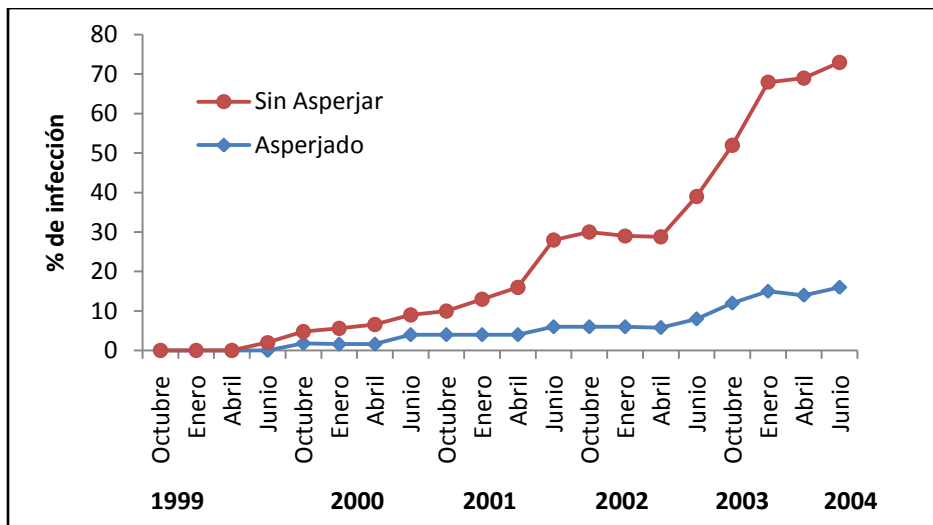
Figura II.6 Porcentajes de plantas infectadas con HLB⁵.



Una tendencia similar aunque menos acentuada, se identificó en cultivos de cítricos del área de Chia-Yi, Taiwán, al evaluar el progreso de la infección (Cuadro II.2), encontrándose una tasa acumulada de infección de 57% en cinco años, en huertos de cítricos no asperjados, y de 17% en las huertas asperjadas (Hung, 2006).

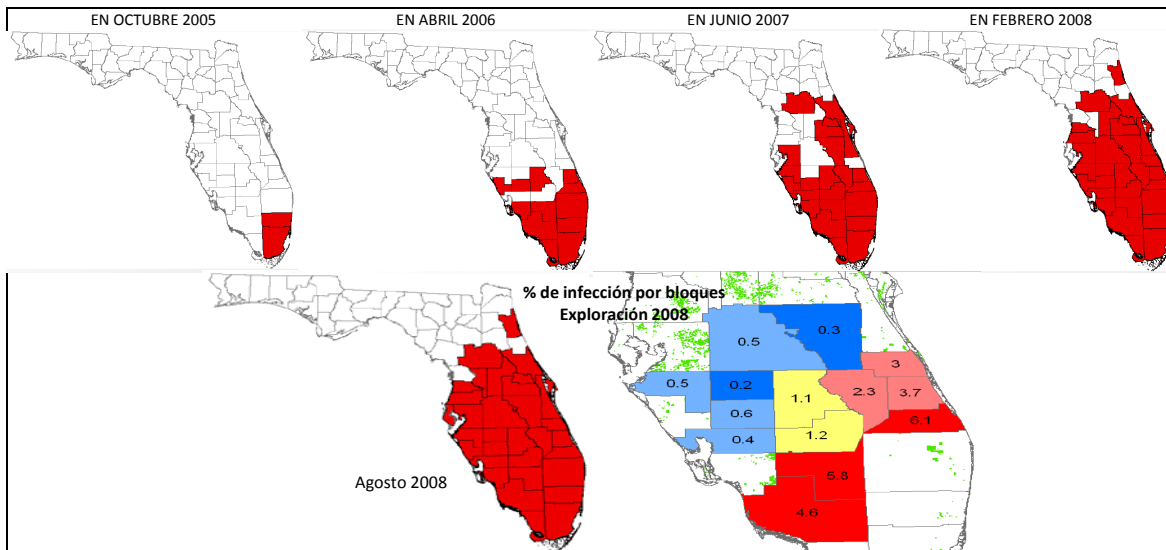
⁵ Fuente: Adaptación propia con base en Hung (2006)

Cuadro II.2 Tasas de infección de HLB en cítricos tratados y no tratados con insecticidas⁶



La Figura II.7 muestra el rápido progreso espacio-temporal del HLB en huertos de cítricos de Florida, observándose que en un periodo menor a tres años, la tasa de condados productores de cítricos (nivel comercial) diagnosticados como infectados con HLB, aumentó de 6% en Octubre de 2005 al 100% en Agosto de 2008.

Figura II.7 Condados productores de cítricos e infectados con HLB en el estado de Florida⁷

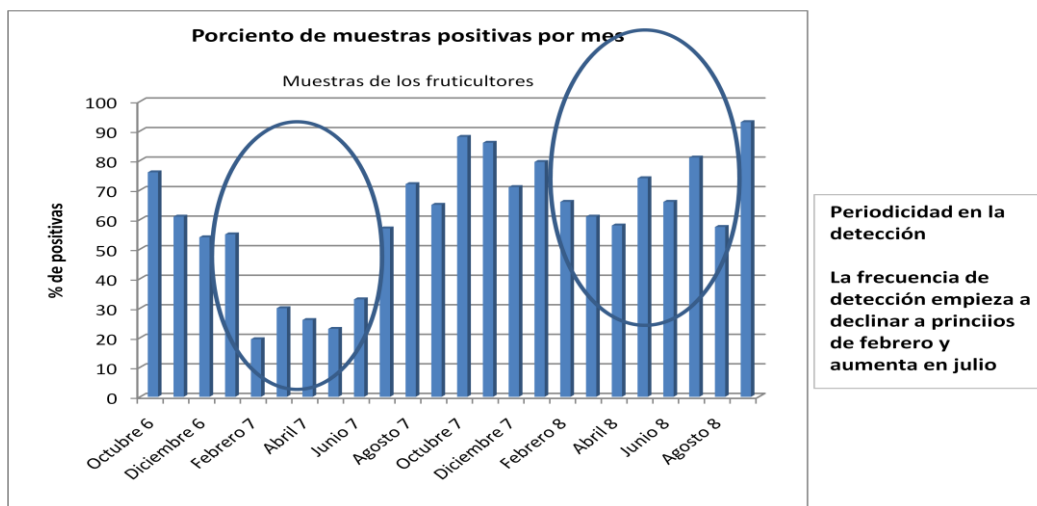


⁶ Fuente: Adaptación propia con base en Hung (2006)

⁷ Fuente: Adaptación propia con base en Irej (2009)

Con respecto al componente temporal y de acuerdo con la Figura II.8, el comportamiento de la infección con HLB es de naturaleza estacional, con tasas más elevadas para muestras infectadas con HLB durante diciembre, y más bajas en abril.

Figura II.8 Tasa de muestras positivas infectadas con HLB por mes⁸

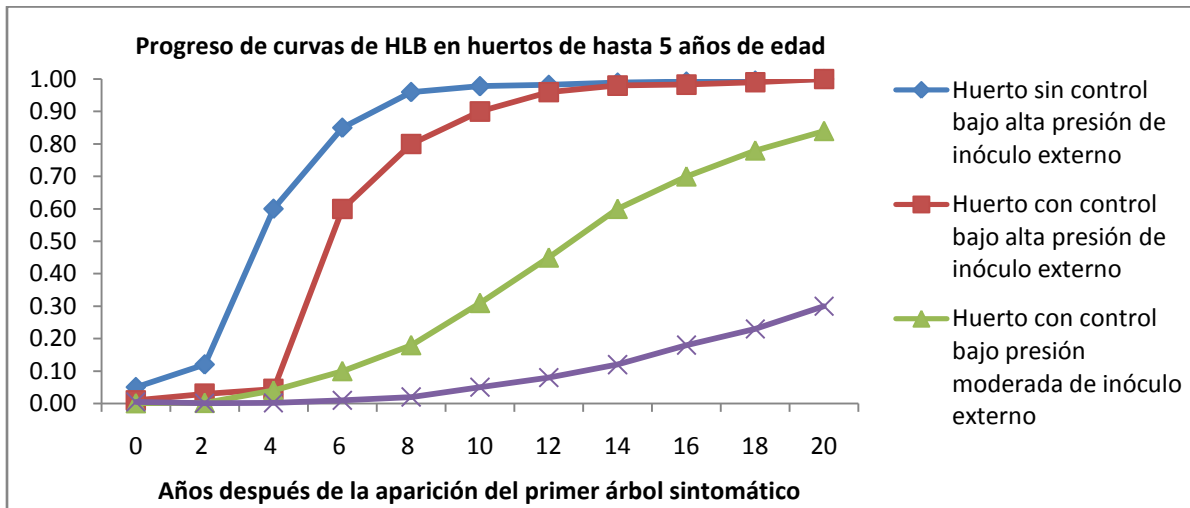


De acuerdo con Bassanezzi y Gottwald (2009), la naturaleza sigmoidea de la infección con HLB se confirma con los resultados mostrados en las siguientes figuras, en donde se observa una tasa de crecimiento rápida asociada a bajas edades de las huertas, un decremento en edades intermedias, y la estabilización de la respuesta observada en edades mayores. La Figura II.9 muestra patrones diferentes de las curvas de infección, asociados a combinaciones de control sobre el huerto y nivel de presión por inóculo de HLB, para huertos con árboles no mayores de cinco años, en Florida. Claramente, la máxima infección ocurrió en huertos donde no se ejerció control y existió una alta presión del inóculo externo, mientras que la mínima se dio en huertos con control y baja presión del inóculo externo.

La Figura II.10 muestra los patrones de progreso de la incidencia (proporción de árboles que muestran los síntomas en función de la edad) para cuatro tipos de árboles caracterizados de acuerdo con la edad en que apareció el primer síntoma de la enfermedad y en donde no se tomó ninguna medida de control en Sao Paulo Brasil (Bassanezi y Bassanezi, 2008). Nuevamente, la tasa de incidencia del HLB fue mucho mayor en árboles de 0-2 años de edad, que en los de 3 a 5 años, y estos últimos, a su vez, con incidencia mayor que en árboles de entre 6 y 10 años de edad (la tasa de incidencia más lenta se observa en árboles mayores de 10 años).

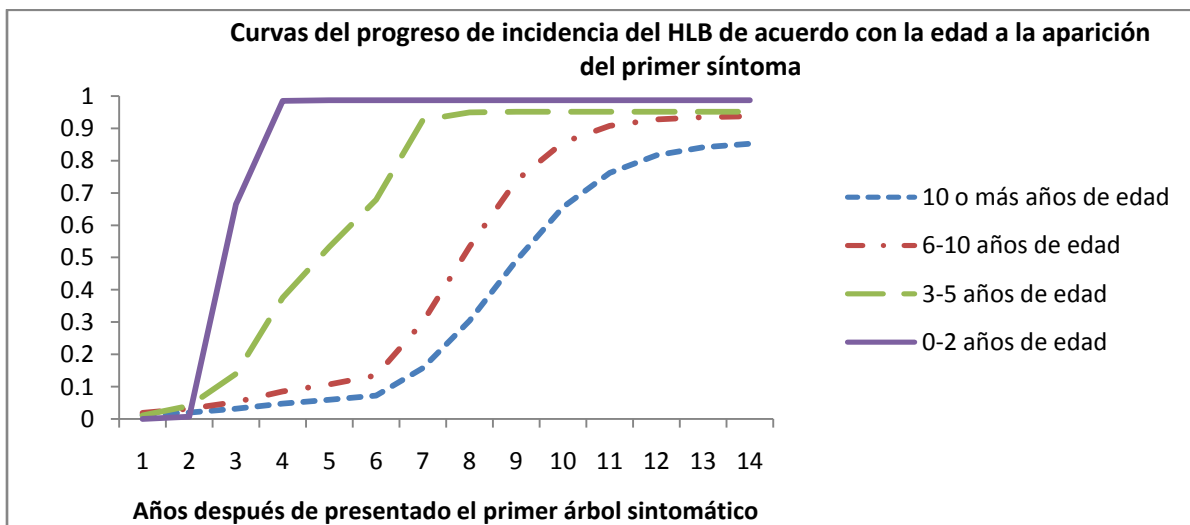
⁸ Fuente: Adaptación propia con base en Irey (2006)

Figura II.9 Progreso de la infección con HLB en huertos de cítricos de hasta cinco años de edad⁹



Como se observa en la Figura II.10, en árboles menores de dos años se alcanza una incidencia de casi 100% en un periodo de tres años, mientras que en huertos con árboles mayores de 10 la tasa de incidencia del 80% se alcanza hasta los doce años. De acuerdo con este patrón, la tasa de infección para árboles menores que dos años es 8 veces más grande que la de árboles infectados cuya edad oscila entre tres y cinco años.

Figura II.10 Curvas de progreso de la incidencia del HLB clasificadas por la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma¹⁰

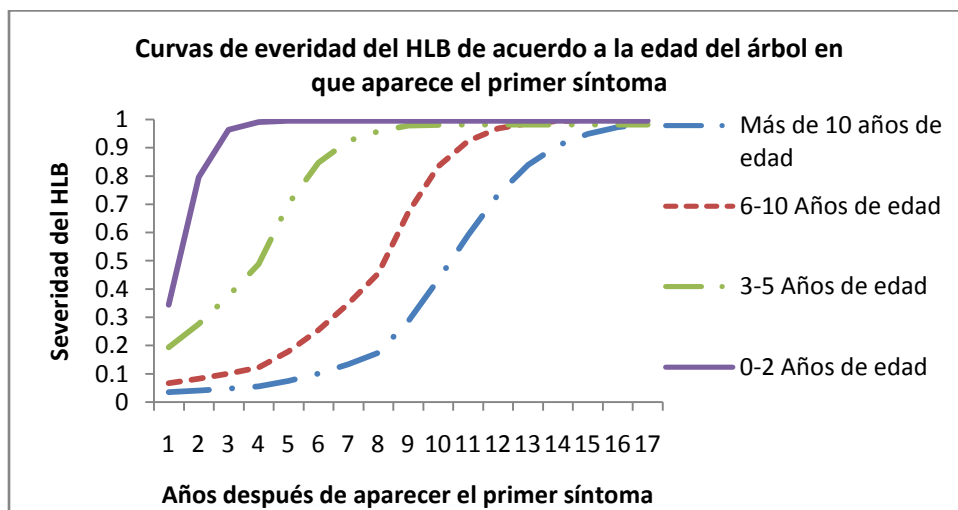


⁹ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)

¹⁰ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)

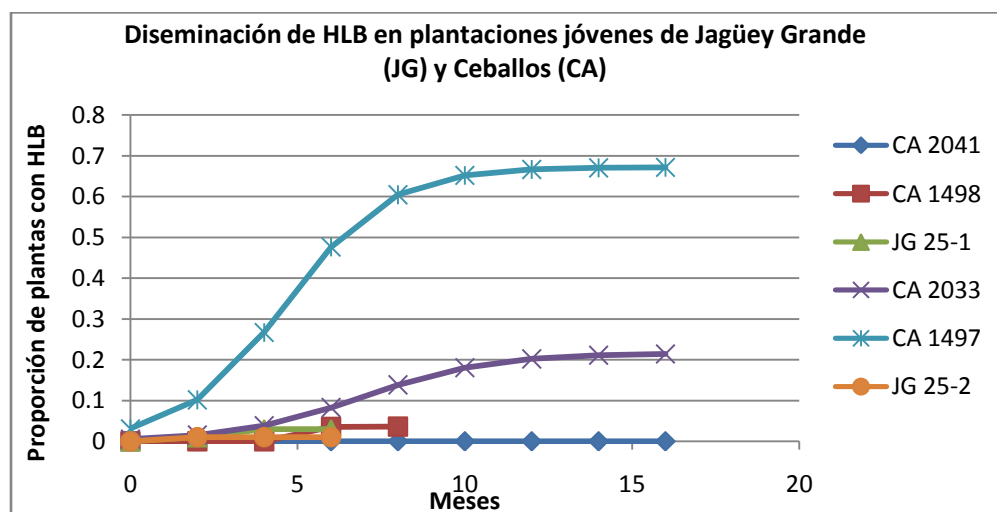
La Figura II.11 muestra que la severidad de infección también es mayor para árboles jóvenes que para árboles viejos, y que las infecciones severas ocurren en mayor proporción en los árboles jóvenes durante periodos de tiempo cortos. La tendencia opuesta se manifiesta en árboles adultos, los cuales muestran infecciones menos severas que ocurren en periodos de tiempo mayores.

Figura II.11 Curvas de la severidad de infección con HLB clasificadas de acuerdo a la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma¹¹



En plantaciones de cítricos en dos localidades de Cuba (Batista, 2009), también se presentaron patrones de infección del tipo sigmoideo, correspondiendo las variaciones a seis cultivos de cítricos jóvenes (Figura II.12).

Figura II.12 Proporciones de infección con HLB en plantaciones jóvenes de cítricos en Cuba¹²



¹¹ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)

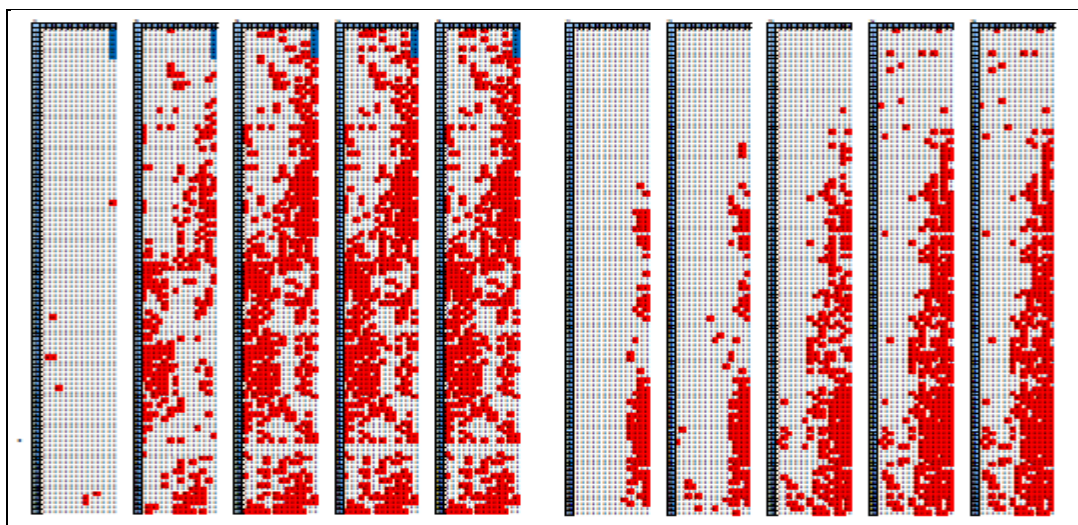
¹² Fuente: Adaptación propia con base en Batista (2009)

II.5. Distribución Espacial

La distribución espacial de los árboles infectados por el patógeno ha sido estudiada por varios autores. Gottwald et. al. (2008), analizaron el efecto de contagio por psíidos a corta distancia, sobre el patrón de dispersión global de la enfermedad a lo largo del tiempo, encontrando que la infección de árboles ocurre principalmente por psíidos que provienen de bloques de árboles contaminados no cercanos a los árboles no infectados, y no por psíidos provenientes de huertas cercanas. Los autores respaldaron estos resultados mediante técnicas de análisis de supervivencia, utilizando un modelo semi-paramétrico de Cox de riesgos proporcionales (Lawless, 1982) el cual incluye como covariable al número de árboles previamente infectados dentro de un bloque dado.

De acuerdo con la Figura II.13, el desarrollo espacial de la infección con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron monitoreados cinco veces consecutivas; los árboles infectados dentro de un bloque se representan por cuadros rojos reflejando el avance espacial de la infección y los cinco rectángulos de la izquierda se refieren a las cinco evaluaciones del primer bloque de árboles.

Figura II.13 Evolución espacial de árboles infectados con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron evaluados cinco veces¹³



En cuanto a la distribución espacial del HLB en cítricos de Florida, Gottwald et. al. (2008) encontraron que existen dos procesos de infección en los huertos estudiados: un proceso de dispersión primaria, en el que el contagio ocurre principalmente por transmisión vectorial de distancia grande, y otro de dispersión local que ocurre dentro del huerto o bloque de árboles. Su estudio se basó en análisis de simulación de Montecarlo aplicado a distribuciones espacio-temporales, Gibson (1997), concluyendo que el contagio más devastador se asocia con vectores provenientes de largas distancias, sin importar el

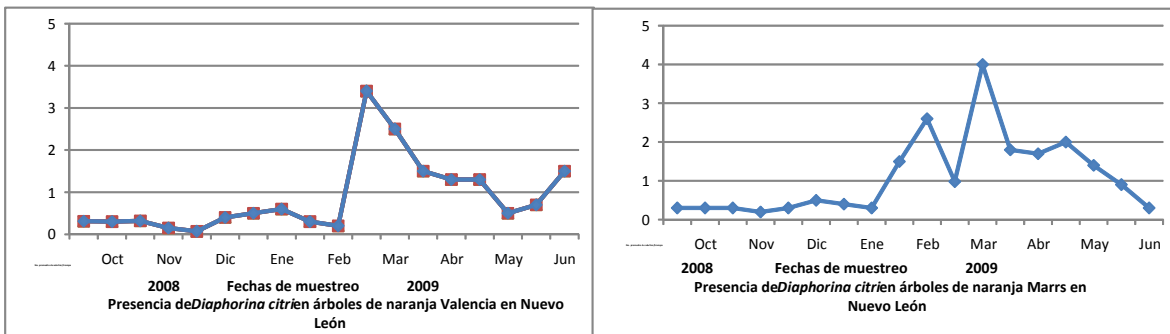
¹³ Adaptación propia con base en Gottwald (2008)

control local efectuado con insecticidas, ya que los psílicos alimentados de árboles lejanos (detectados como infectados con HLB) seguirán infectando las huertas locales antes de morir por efecto de las aplicaciones de insecticidas.

II.6. Comportamiento de las poblaciones del vector *Diaphorina citri*

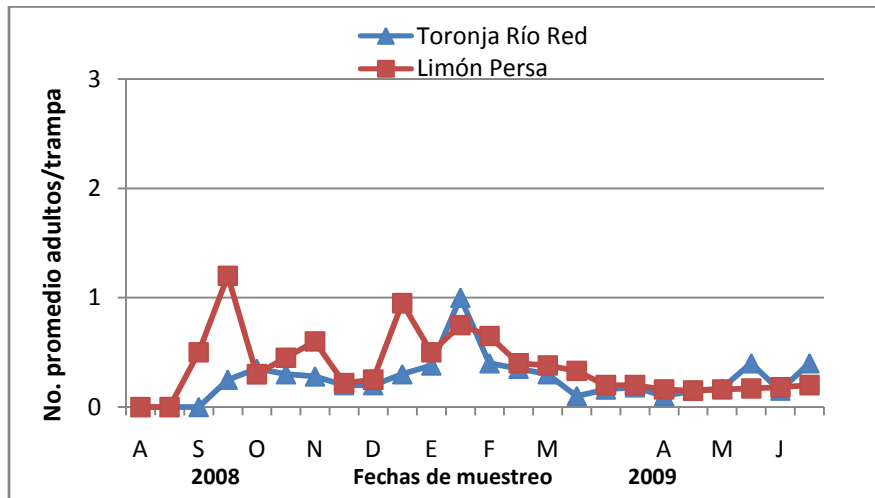
El comportamiento de las poblaciones del psílido *Diaphorina citri* muestra una tendencia estacional y ejemplificada con los patrones del número de insectos capturados en trampas para diversos tipos de cítrico y localidades de México. Por ejemplo, la Figura II.14 muestra el número promedio de psílicos adultos capturados quincenalmente, entre octubre de 2008 y junio de 2009, en árboles de naranja Valencia y naranja Marrs en el estado de Nuevo León, reflejando que las capturas fueron bajas de octubre a enero, mayores de febrero a marzo, alcanzando el máximo en este último mes, y disminuyendo a partir del siguiente.

Figura II.14 Fluctuaciones estacionales de *Diaphorina citri* en árboles de naranja Valencia y Marrs en Nuevo León, México¹



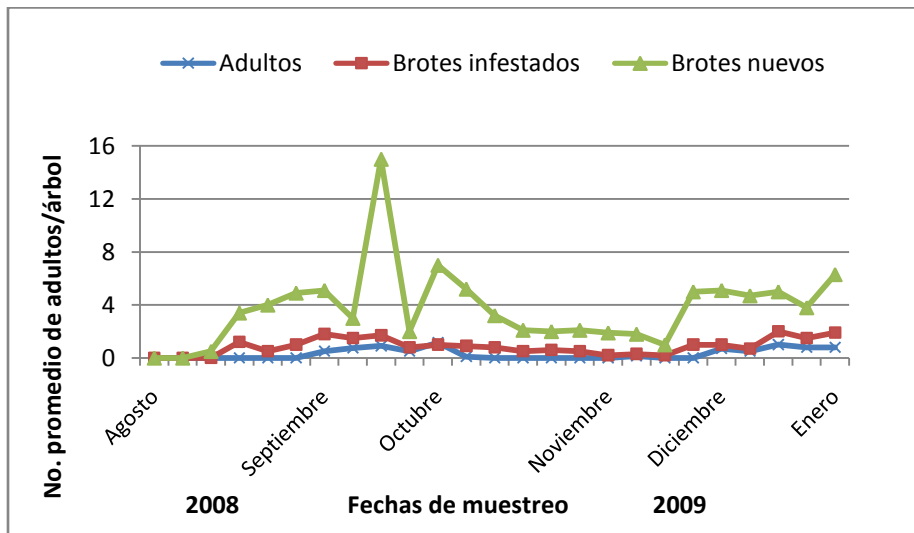
La Figura II.15 muestra una tendencia estacional diferente, en cuanto al número promedio de insectos capturados quincenalmente de *D. citri* en trampas colocadas en huertos de limón persa y toronja rio-red en plantaciones de Michoacán. En limón persa la mayor captura se dio entre septiembre y octubre, así como de diciembre a enero; mientras que en toronja entre enero y febrero.

Figura II.15 Captura de *Diaphorina citri* en árboles de limón persa y toronja rio-red en Michoacán¹⁴



De acuerdo con López-Arroyo et al. (2009), los mayores conteos de psílicos (promedios quincenales) ocurrieron en brotes vegetativos nuevos y correspondieron a insectos adultos, durante los meses de septiembre a octubre, en árboles de naranja valencia en Yucatán y naranja Marrs en Nuevo León (Figura II.16).

Figura II.16 Detección de *Diaphorina citri* en árboles de naranja valencia en Yucatán¹⁵



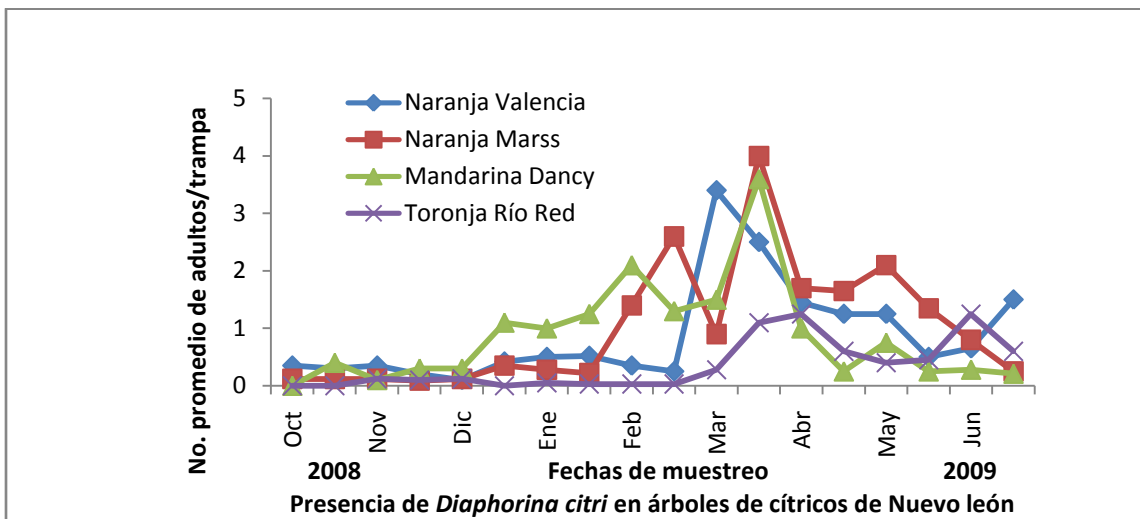
Considerando cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León, Mex., se observó que la infestación de *Diaphorina citri* (adultos capturados quincenalmente) fue ligeramente mayor en naranja y mandarina

¹⁴ Fuente: Adaptación propia con base en López-Arroyo et. al. (2009)

¹⁵ Fuente: Adaptación con base en López-Arroyo et. al. (2009)

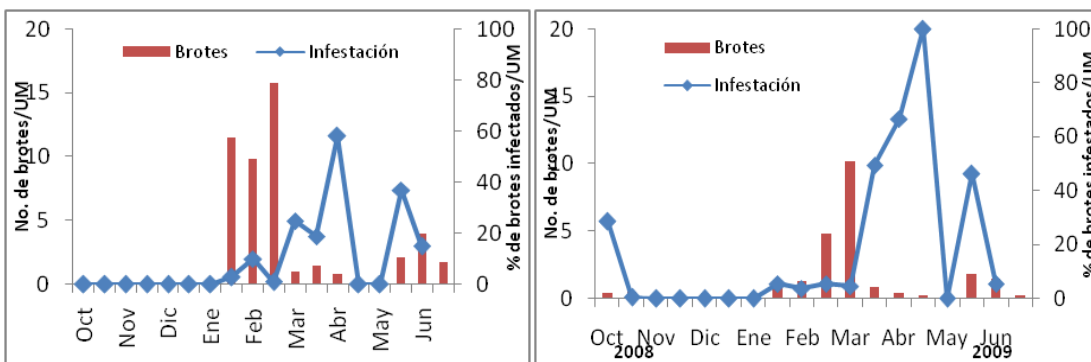
que en toronja; con fluctuaciones estacionales de las poblaciones que mostraron mayores capturas durante los meses de enero a marzo para naranja Marss, y de febrero a abril para naranja Valencia, mientras que de marzo a abril para mandarina y toronja (Figura II.17).

Figura II.17 Presencia de *Diaphorina citri* en cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León¹⁶



En la Figura II.18 se muestran los efectos estacionales de los conteos de *Diaphorina citri* en cultivos de naranja de Nuevo León, de donde se desprende que el mayor número de brotes en los árboles de este cítrico se presentó durante los meses de enero y marzo para naranja Valencia, y de febrero a marzo para naranja Marrs, con las mayores infestaciones del psilo entre marzo y mayo para ambas variedades.

Figura II.18 Infestación y brotes vegetativos de *Diaphorina citri* en cultivos de naranja de Nuevo León¹

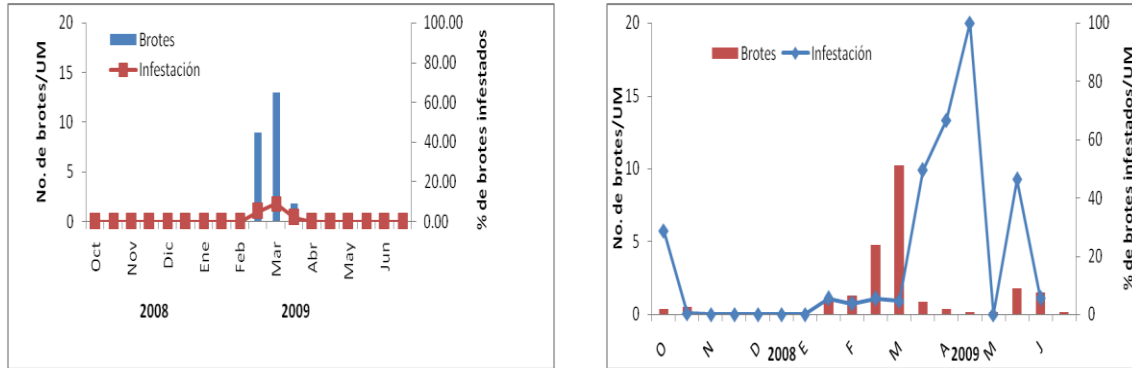


De acuerdo con López-Arroyo et. Al.(2009), Figura II.19, el mayor número de brotes e infestación de *Diaphorina citri* en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León se dio durante los meses de febrero y

¹⁶ Fuente: Adaptación con base en López-Arroyo et. al. (2009)

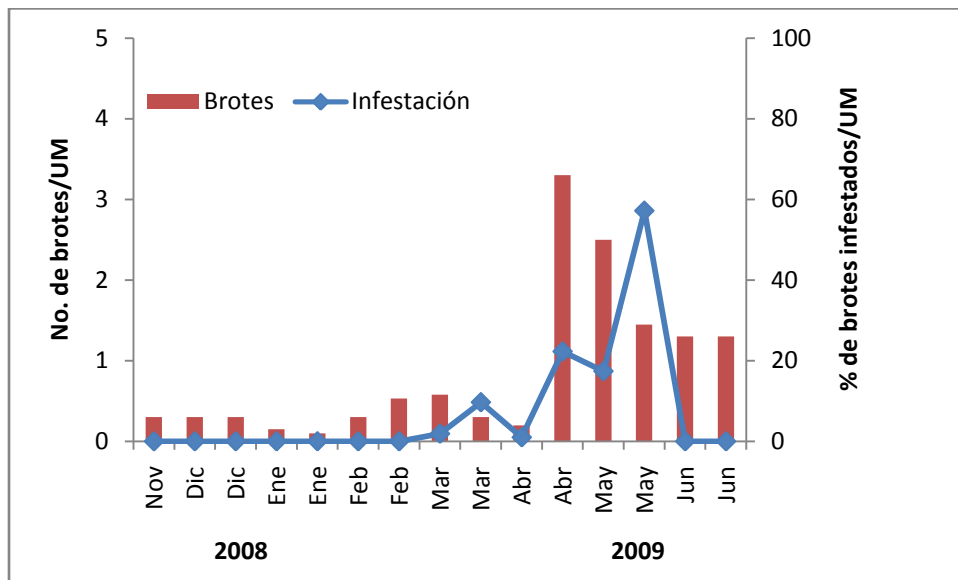
marzo; mientras que en toronja, la mayor incidencia de brotes se presentó también en febrero-marzo, pero la mayor infestación entre marzo y mayo.

Figura II.19 Infestación y brotes vegetativos de *Diaphorina citri* en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León¹



La Figura II.20 muestra el número de brotes vegetativos en árboles de naranja valencia en Nuevo León, así como el % promedio, por unidad de muestreo de brotes vegetativos infestados con *D. citri*.

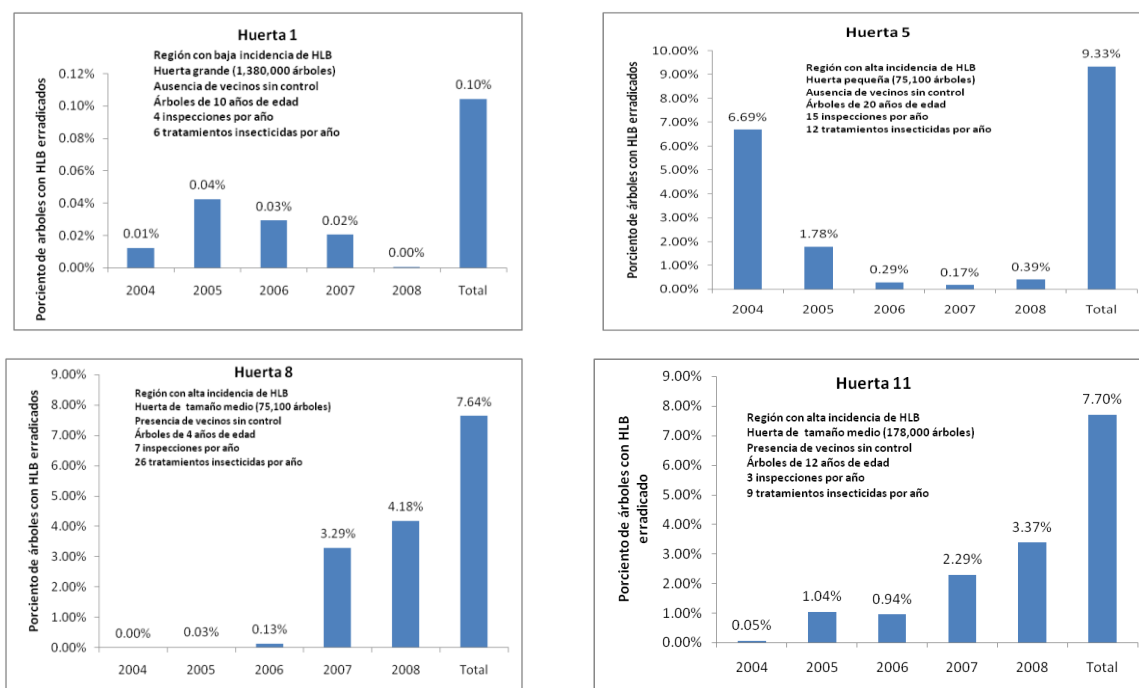
Figura II.20 Presencia de *Diaphorina citri* en árboles de naranja Valencia con brotación vegetativa intensa en Nuevo León



II.7. Manejo de la enfermedad HLB (Greening)

A continuación se presentan algunas estrategias y resultados del manejo que se ha dado a la enfermedad del HLB en distintos países. Belasque et. al. (2008), por ejemplo, encontraron en huertas de Sao Paulo, Brasil, (Figura II.21), que un efecto importante sobre la incidencia de la enfermedad es la presencia de árboles vecinos contaminados. Por ejemplo, contrastando los porcentajes de árboles erradicados en las huertas 1 y 11 se ve que aun cuando existe control con agroquímicos en ambas y la huerta 1 es de mayor extensión, la presencia de huertos vecinos que no ejercen control sobre el patógeno hacen que el porcentaje de árboles que tengan que ser erradicados en la huerta 11 es parecido al que corresponde a la huerta 1. Lo anterior confirma el hecho postulado de que el proceso de infección no local es importante en el desarrollo de la incidencia de la enfermedad.

Figura II.21 Progreso de la erradicación de árboles con HLB en Sao Paulo, Brasil

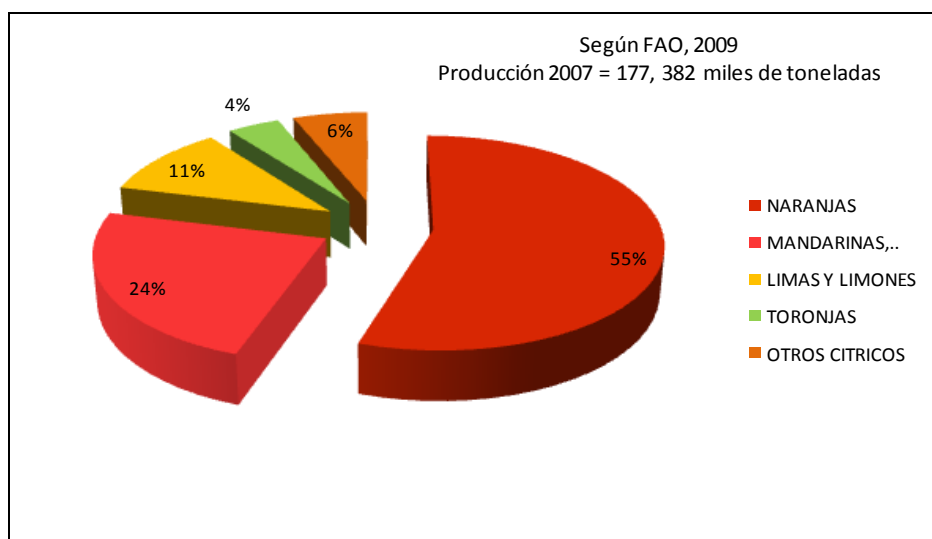




III. IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD CITRÍCOLA MEXICANA

Los cítricos son las frutas de mayor importancia productiva a nivel mundial, pues representan alrededor del 22% de la producción total de frutas; le siguen los plátanos, otras frutas tropicales y las pomáceas. Como se observa en la Figura III.1, la producción mundial de naranjas contribuyó con el 55% del total de cítricos (177,382 millones de toneladas) en 2007, siguiéndole en orden de importancia, mandarinas con el 24%, limas y limones con 11%, toronjas 4% y otros cítricos con el 6% restante.

Figura III.1 Producción de cítricos en el mundo



China es el principal productor de mandarina, clementina y tangerina; India de lima y limón; Brasil de naranja; mientras que Estados Unidos de Norteamérica de toronja. Para el conjunto de cítricos, México ocupa el cuarto lugar en la producción mundial después de China, Brasil y Estados Unidos (SIAP, SAGARPA, 2009), con una preponderancia a la producción de limón, agrio (*Citrus aurantifolia*, Swingle) y persa (*Citrus latifolia*, Tan), siendo el mayor exportador del limón persa en fresco.

A nivel agroindustria, y de acuerdo con el Cuadro III.1, alrededor del 28% de los cítricos frescos se procesa, siendo Brasil y Estados Unidos los que destinan las mayores proporciones a la transformación (alrededor del 70%), principalmente para la elaboración de jugos, seguidos por Italia y Argentina con el 45% y 42% de su producción, respectivamente. México procesa el 14% de la producción y contribuye con el 5% a los productos transformados mundiales. De los cítricos destinados a procesamiento destacan, en orden de importancia, naranja, limón verdadero (*Citrus lemon*, L.) y limón agrio; en mucho menor medida, toronja y mandarina.

Cuadro III.1 Producción y porcentajes de proceso de la producción para varios países.

País	Producción 2005-2006 (miles de toneladas)	% procesado de la producción	% del procesado mundial
Brasil	18,902	70.8	16.6
Estados Unidos	10,451	69.9	9.2
China	14,985	3.4	13.1
México	6,030	13.8	5.3
España	5,738	16.4	4.7
India	4,662	2.9	4.1
Italia	3,525	44.9	3.1
Argentina	2,430	42.4	2.1
Sudáfrica	1,743	21.3	1.5
Grecia	1,157	31.5	1.0
Otros	44,969		39.4
Mundial	114,232	27.8	100.0

La mayor proporción de la producción de cítricos se consume en los mercados domésticos como fruta fresca (cerca del 50% de naranjas y toronjas) y el resto se destina a la exportación de los frutos, así como a la elaboración de productos procesados (principalmente jugos). En general, los mayores volúmenes de mandarina y limón se consumen en los mercados domésticos. España y Sudáfrica exportan alrededor de la mitad de su producción de naranja y limón en fresco; mientras que México, exporta principalmente limón persa en fresco a su principal mercado, Estados Unidos.

Los cítricos representan un segmento económico fundamental de la agricultura mexicana; cuatro especies (naranja, limón, toronja y mandarina) integran la cadena productiva identificada por la SAGARPA como Sistema-Producto. Estos frutales se cultivan en 29 estados de la república, aunque en 15 se concentra el 95% de la superficie cultivada y, en tan solo 6, el 75%: Veracruz, San Luis Potosí, Michoacán, Tamaulipas, Colima y Nuevo León. Estos estados aportan el 79% de la producción nacional (Cuadro III.2), siendo Veracruz el mayor productor. El 63% de la superficie cultivada de cítricos se da en condiciones de temporal y 37% bajo riego.

De las cuatro especies de cítricos destaca la naranja dulce (*Citrus sinensis*) tipo Valencia, la cual está ampliamente distribuida en 22 estados. La naranja ha contribuido con alrededor del 61% de la producción nacional de cítricos en los últimos años, reflejando una tendencia creciente, mientras que limones con el 19%, y los otros, entre los que se encuentra mandarina y toronja, con el 20% (Figura III.2).

Cuadro III.2 Producción de cítricos en México¹⁷

ESTADO	Superficie cultivada (hectáreas)	Aportación al total nacional	Producción (toneladas)	Aportación al total nacional
Veracruz	215,613	39%	2,987,973	43%
San Luis Potosí	49,753	9%	436,916	6%
Michoacán	41,780	8%	462,999	7%
Tamaulipas	40,786	7%	638,262	9%
Colima	31,210	6%	590,372	8%
Nuevo León	31,026	6%	399,739	6%
Oaxaca	22,935	4%	253,271	4%
Puebla	22,642	4%	226,076	3%
Yucatán	20,575	4%	255,389	4%
Tabasco	13,188	2%	141,300	2%
Sonora	10,017	2%	191,210	3%
Campeche	6,576	1%	58,268	1%
Hidalgo	6,094	1%	58,731	1%
Quintana Roo	4,818	1%	42,044	1%
Chiapas	3,156	1%	20,438	0%
Otros	28,831	5%	267,012	4%
Total Nacional	549,000	100%	7,030,000	100%

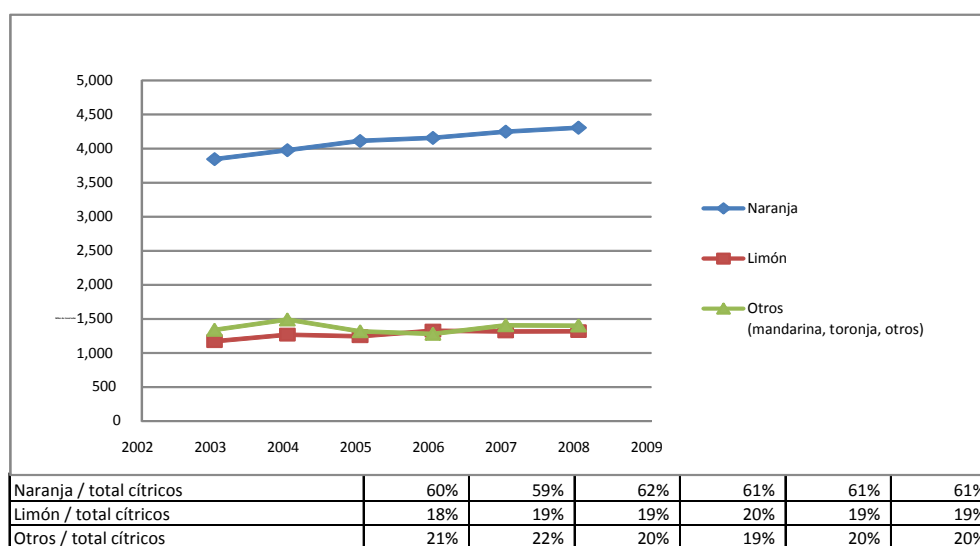
Sin embargo, en el volumen y valor de las exportaciones de los cítricos frescos, el limón ocupa el primer lugar con aportaciones promedio del 94% en ambos casos, generándole divisas al país por arriba de los 300 millones de dólares en 2008 (Cuadro III.3). Le sigue en orden de importancia naranja, toronja y mandarina en términos de producción; mientras que en valor, las exportaciones de toronja superaron a las de naranja y mandarina en dicho año.

De acuerdo con el INCA Rural (ITESM, 2007) las especies conocidas como “limón” en México, son realmente limas caracterizadas en ácidas y dulces. Las ácidas se distinguen por su fruto pequeño y corresponden al “limón mexicano” (*Citrus aurantifolia Swingle*) mientras que las dulces son las de fruto grande y sin semilla (partenocárpicas) pertenecientes al grupo Tahití, conocido como “limón persa” (*Citrus latifolia*).

El limón mexicano es la variedad que más se cultiva en México, principalmente en la Costa del Pacífico, en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, destinándose alrededor del 60% de su producción al consumo en fresco del mercado nacional y el 40% restante al procesamiento de aceite esencial y, en menor medida, de jugos, harinas y otros derivados (Cuadro III.3).

¹⁷ Fuente: Subsecretaría de Agricultura, SAGARPA, reportes internos 2009 con cifras preliminares al cierre de 2008.

Figura III.2 Producción nacional de cítricos /1



/1:Fuente: Subsecretaría de Agricultura, SAGARPA, reportes internos 2009 con cifras preliminares al cierre de 2008.

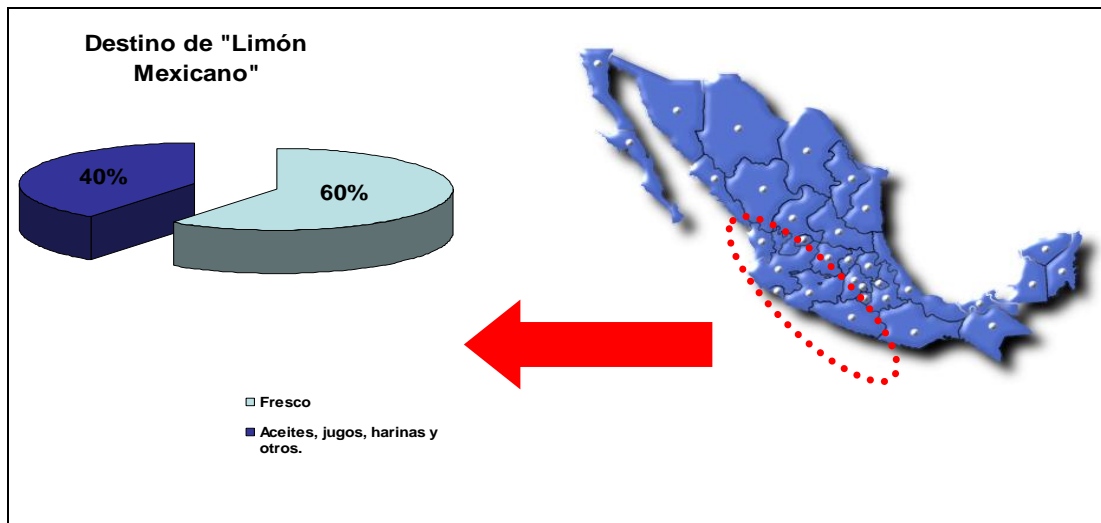
El limón persa se produce en la Costa del Golfo de México, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco y, en menor medida, Oaxaca y Puebla. Esta es la variedad que México exporta en fresco en mayor volumen, aunque el limón mexicano también se exporta en menores cantidades. El limón mexicano cuenta con gran cantidad de aceite en la cáscara, por lo que es la materia prima con la que se procesa y exporta el aceite esencial.

Cuadro III.3 Exportaciones mexicanas de cítricos frescos ¹⁸

PRODUCTO	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Volumen (toneladas)							
Limón / lima	264,645	332,754	373,308	387,196	428,129	462,868	0
Mandarina	4,681	3,218	3,758	3,966	3,300	5,039	6,368
Naranja	10,694	6,974	14,823	13,562	15,490	28,193	21,700
Toronja	2,242	6,619	11,105	8,870	12,923	11,674	14,338
Total cítricos	282,262	349,564	402,993	413,594	459,842	507,774	42,406
Limón / Total cítricos	94%	95%	93%	94%	93%	91%	0%
Valor (millones de dólares)							
Limón	73.6	117.1	164.9	160.5	192.7	240.4	301.9
Mandarina	1.7	1.2	1.8	1.7	1.6	3.0	3.9
Naranja	4.0	1.6	3.4	3.4	4.1	10.7	6.9
Toronja	1.2	2.1	6.3	5.6	9.4	8.9	9.5
Total cítricos	80.5	122.1	176.3	171.2	207.8	263.1	322.2
Limón / Total cítricos	91%	96%	94%	94%	93%	91%	94%

¹⁸ Fuente: FAOSTAT, Dirección de Estadística 2009 de 2000 a 2006 y SIAP para otros años

Figura III.3 Destino del limón mexicano proveniente de la zona del Pacífico¹⁹.

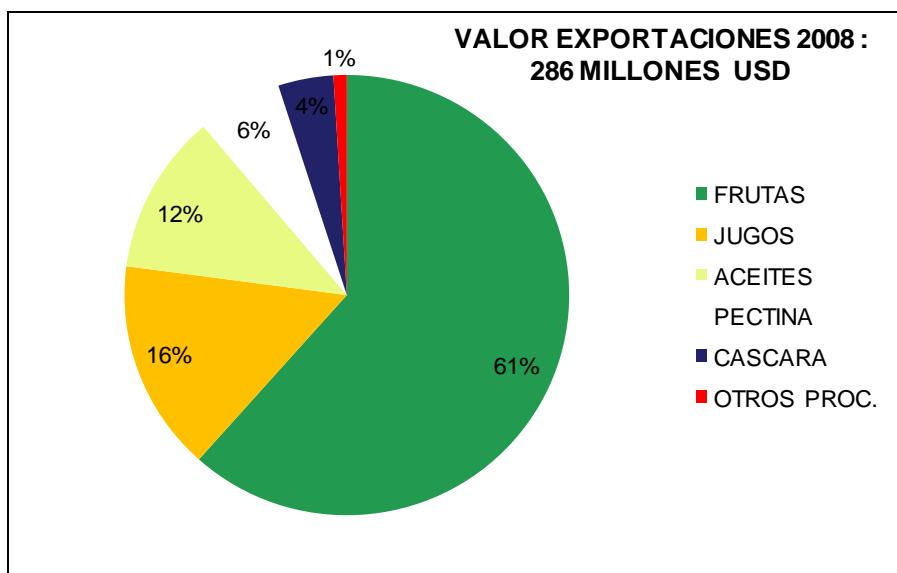


.Para México, tanto la producción como el procesamiento y exportaciones de cítricos son de gran importancia económica y social, por la contribución que hacen al Producto Interno Bruto del sector agrícola y a la generación de divisas y empleo al país. Según Citrofrut (2003), alrededor de 65,000 productores se dedican al cultivo de los cítricos, generando cerca de 50,000 empleos en campo, de manera permanentes al año. Tan sólo en el proceso de cosecha se requieren más de 5 millones de jornales, equivalentes a alrededor de 16,000 empleos permanentes al año.

La exportación de cítricos contribuyó con 286 millones de dólares a las divisas captadas en 2008 (Figura III.4), destacando por su importancia las exportaciones de fruta fresca (61%), jugos (16%), aceites esenciales (12%), pectinas (6%), cáscaras (4%) y en menor medida otros productos (1%). Este valor representó el 1.8% de las exportaciones agroalimentarias. Se considera que existen actualmente en México más de 200 empacadoras o beneficiadoras de la fruta fresca y 25 plantas procesadoras que destinan su producción tanto al mercado interno como a la exportación.

1: Fuente: INCA Rural / ITESM, Plan Rector Sistema Nacional Limón Mexicano, Junio 2007. Incluye los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca

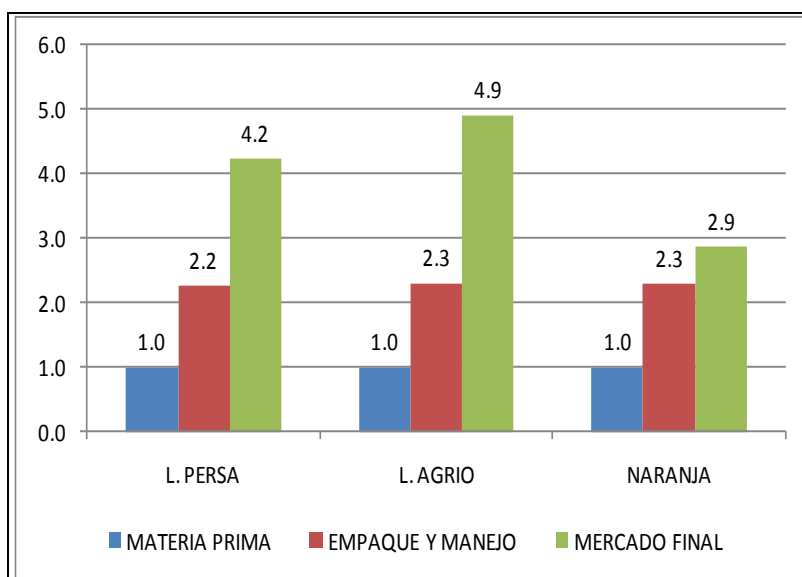
Figura III.4 Valor de las exportaciones mexicanas de cítricos y sus derivados²⁰.



La agroindustria juega un papel importante en la adición de valor y preservación de calidad a los cítricos. Como se ilustra en la Figura III.5, el valor agregado al limón (agrio o mexicano y persa) es mayor que para naranja, destacando que, en limón mexicano el consumidor final paga cinco veces más de lo que recibe el productor por concepto de empaque, manejo y comercialización.

Las exportaciones de aceite de limón han generado divisas por alrededor de 26 millones de dólares durante el período 2003-2005 (Cuadro III.4) teniendo como principal mercado a Estados Unidos.

Figura III.5 Importancia relativa de la agregación de valor en empaque, manejo y comercio de cítricos



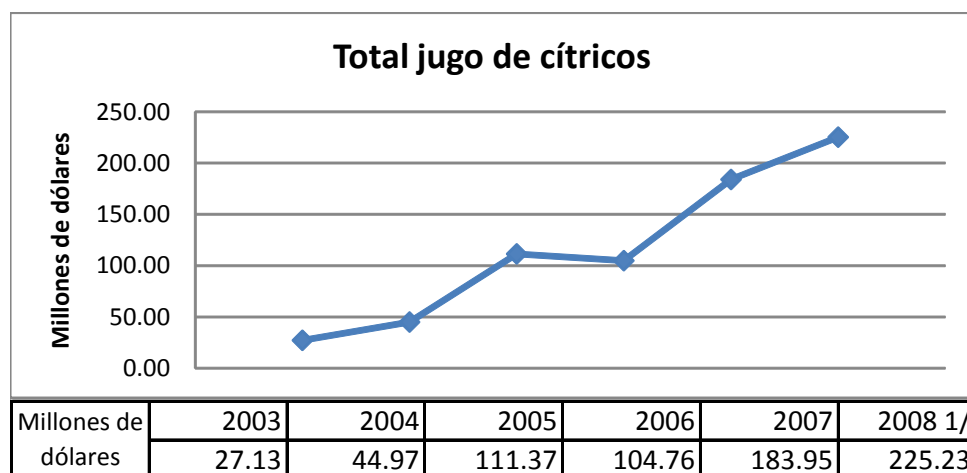
²⁰ Fuente SIAP, 2008.

Cuadro III.4 Exportaciones mexicanas de limón fresco y procesado²¹

PRODUCTO	2003		2004		2005	
	Toneladas	Millones USD	Toneladas	Millones USD	Toneladas	Millones USD
Fruta fresco	328,912	117.3	357,503	159.1	369,510	177.8
Limón mexicano	27,282	10.3	44,840	21.4	53,840	30.2
Limón persa	301,630	107.0	312,663	137.7	315,670	147.6
Procesado:						
Aceite esencial 1/	1,572	24.6	1,430	25.7	1,670	27.2

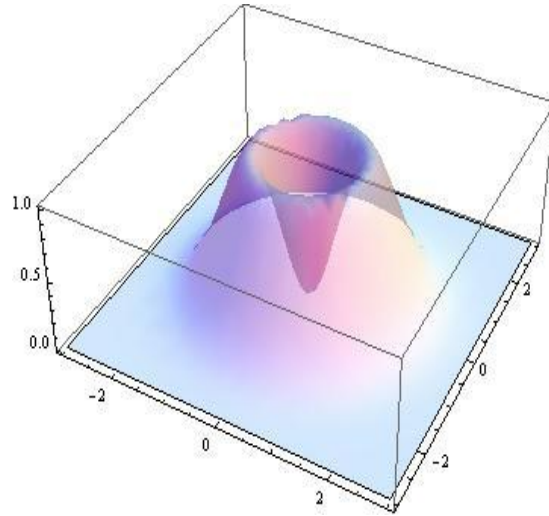
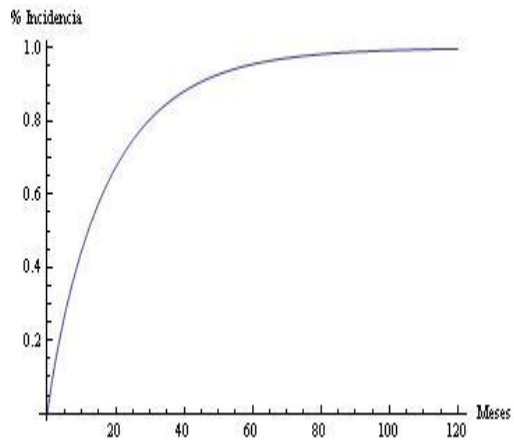
De acuerdo con la Figura III.6, la exportación de jugos de cítricos también le ha venido generando cada vez mayores divisas al país, aumentando de 27 millones de dólares en 2003 a 225 millones en 2008. El jugo de naranja es el producto más importante, contribuyendo con más de la mitad del total de divisas generadas por este concepto en 2003 (14.7 millones de dólares) y con el 79% en 2008 (177.8 millones); los jugos de toronja, limón/lima y otros aportaron el 21% restante (47.4 millones) en dicho año.

Figura III.6 Exportación de jugo de cítricos mexicanos²².



²¹ Fuente: INCA Rural / ITESM, Plan Rector Sistema Nacional Limón Mexicano, Junio 2007. Elaborado con la variedad "limón mexicano".

²² Fuente: FAOSTAT, Dirección de Estadística 2009 de 2000 a 2006 y SIAP para otros años.



Metodología de Análisis



IV. METODOLOGIA

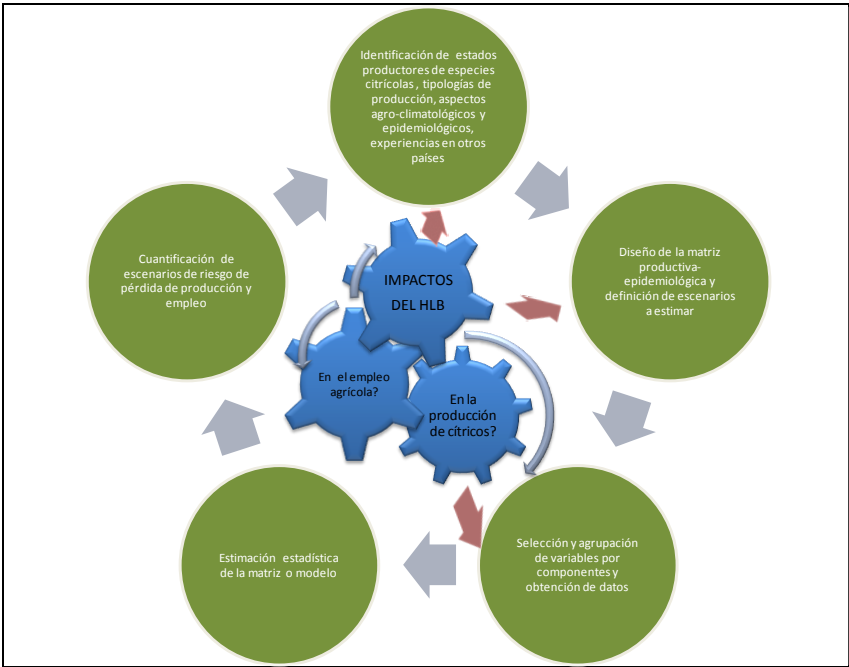
La presente evaluación tuvo como objetivo principal evaluar las pérdidas económicas que traería consigo la enfermedad de los cítricos HLB o Greening a México, en todos los eslabones de esta cadena agroalimentaria, de no tomarse alguna medida de control al respecto y, en particular, realizar un análisis comparativo de las medidas preventivas o de control que se están ejecutando en México contra el HLB, versus las realizadas en otros países que han enfrentado el mismo riesgo.

Para cumplir con el objetivo principal se aplicaron tres metodologías diferentes, a las tres distintas etapas productivas consideradas: la primaria o agrícola, la agroindustrial o de transformación, y la economía en su conjunto, en donde el impacto se evaluó tanto para el sector cítrico como para otras actividades relacionadas con la citricultura nacional.

IV.1. El análisis productivo-epidemiológico

El análisis epidemiológico a la actividad cítrica primaria se enfocó a estimar escenarios de riesgo en la producción nacional de estos frutos como consecuencia de la entrada de la enfermedad HLB al país. La metodología seguida tuvo como fin cuantificar los impactos de pérdida en la producción cítrica mexicana y en el empleo que demanda dicha actividad, de no tomarse ninguna acción al respecto, cuyas etapas se representan de manera general en la figura IV.1 y se explican en detalle en el capítulo V.

Figura IV.1 Metodología seguida en la estimación de escenarios de riesgo en la actividad cítrica primaria

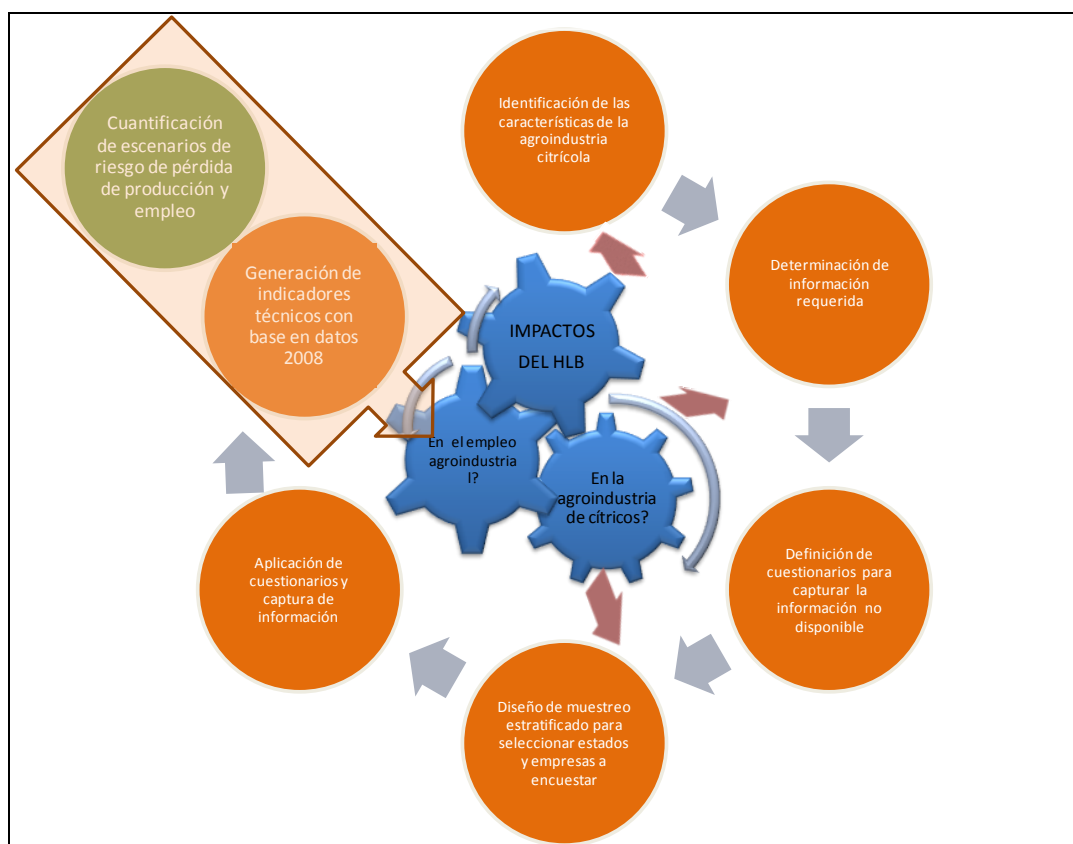


De acuerdo con la Figura IV.1, la primera etapa consistió en identificar y analizar las características del sector productivo cítrico, incluyendo sus principales zonas productoras con especies y variedades, tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes, condiciones agroclimáticas de los cultivos, los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su grado y distribución espacial, así como, una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar escenarios de riesgo. Con base en ello, se diseñó un modelo o matriz productiva-epidemiológica, y se definieron dos escenarios de riesgo a evaluar. Posteriormente, se seleccionaron las variables a incluir en la matriz y se obtuvieron los datos requeridos; para después, operacionalizar y agrupar algunas variables en la estimación del modelo mediante diferentes técnicas estadísticas: correlaciones, componentes principales, análisis factorial y análisis de conglomerados. Finalmente, la matriz generó los escenarios de riesgo de pérdidas en la producción de cítricos y el empleo agrícola.

IV.2. El análisis de la etapa agroindustrial

El objetivo del análisis de la etapa agroindustrial fue evaluar los impactos que traería la enfermedad del HLB a las diferentes empresas que conforman el sector cítrico industrial del país, partiendo de los escenarios de riesgo de pérdidas en producción generados a nivel de la producción primaria. La metodología seguida se presenta, de manera general, en la figura Figura IV.2 y se explica en detalle en el capítulo VI.

Figura IV.2 Metodología seguida en la estimación de impactos en el sector agroindustrial



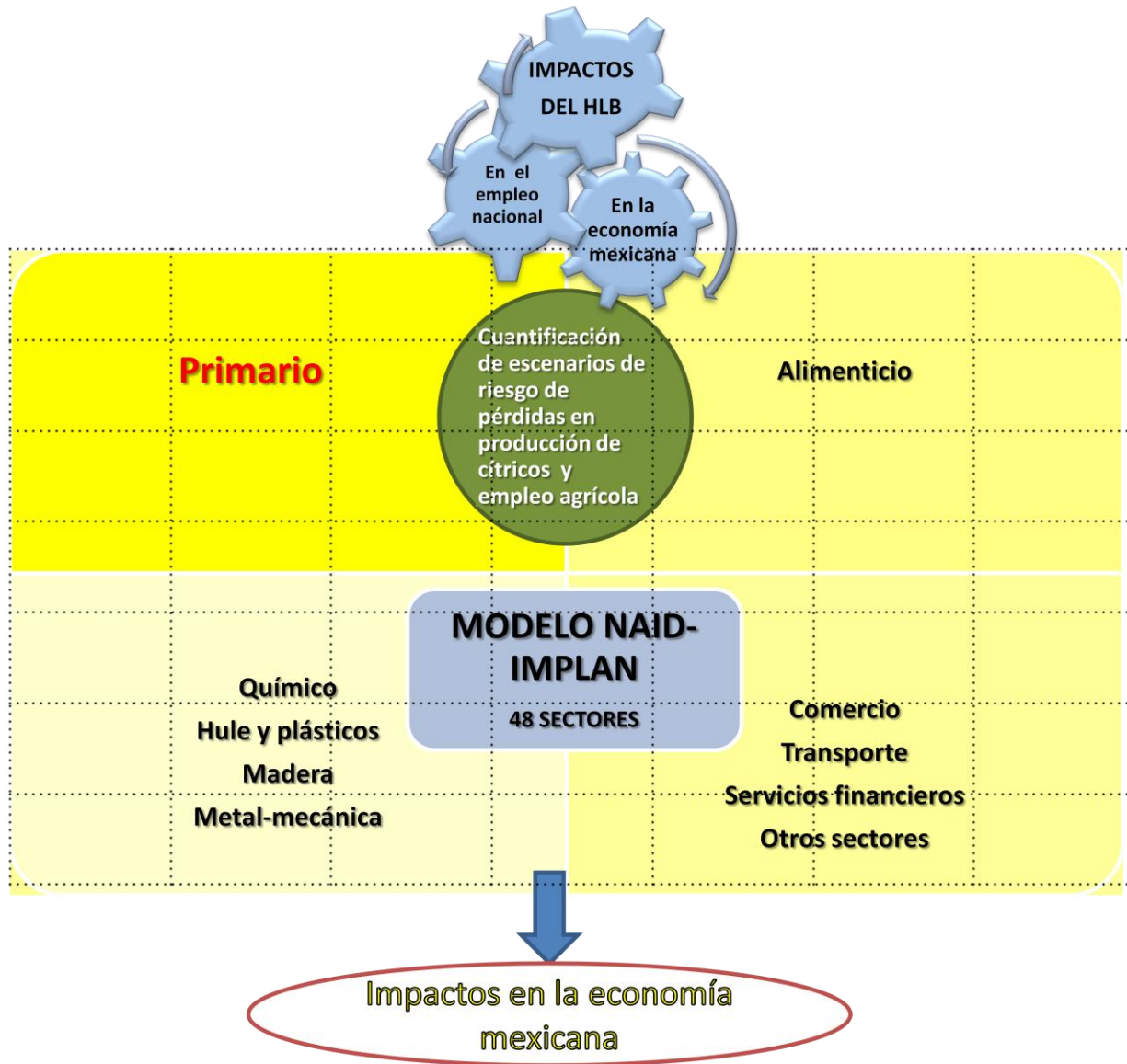
De acuerdo con la Figura IV.2, el proceso metodológico consistió; primero, de la identificación de las características de la agroindustria cítrica; segundo, la determinación y búsqueda de información requerida sobre dicho sector, que permitiera la cuantificación de los impactos del HLB en la producción, empleo, ingreso y generación de divisas mediante exportaciones de las distintas empresas que conforman la industria; tercero, la definición de un cuestionario para, mediante encuesta, recabar la información no disponible; cuarto, diseño de un muestreo estratificado que permitiera seleccionar a los estados y empresas estadísticamente representativos a encuestar; quinto, aplicación de los cuestionarios a las empresas industrializadoras de cítricos para capturar la información requerida; y sexto, la generación de los indicadores técnicos con base en los datos obtenidos de 2008, los cuales junto con los escenarios de riesgo de pérdida en producción de cítricos a nivel actividad primaria, permitieron cuantificar los impactos que traería consigo la enfermedad del HLB a la agroindustria mexicana.

IV.3. El análisis de la economía en su conjunto

La cuantificación de los impactos que generaría la enfermedad HLB de los cítricos tanto al sector primario como a otros relacionados de la economía mexicana (alimenticio, químico, transportes, servicios financieros, metal-mecánico, hule y plásticos, y de la madera, entre otros) se estimaron, incorporando al modelo NAID-IMPLAN (figura IV.3), los escenarios de pérdida cuantificados para la actividad productiva primaria (representados en la Figura IV.1).

El modelo tipo insumo-producto, NAID-IMPLAN, que clasifica a la economía mexicana en 48 sectores – dos de los cuales son el productivo agropecuario (en el que se ubica el cítrico) y el alimenticio (donde se clasifica parte del agroindustrial) – estimó los efectos del HLB, generando las pérdidas que traería consigo dicha enfermedad tanto en el volumen y valor de la producción como en el empleo directo, indirecto e inducido de las diferentes actividades involucradas (Figura IV.3). El detalle de la metodología que utiliza el modelo NAID-IMPLAN se presenta en el capítulo VII del presente trabajo.

Figura IV.3 Metodología para evaluar los impactos del HLB a la economía mexicana





V. ANALISIS EPIDEMIOLOGICO DEL IMPACTO DEL HLB (GREENING) EN EL SECTOR PRIMARIO DE LOS CITRICOS MEXICANOS

El análisis epidemiológico a la actividad productiva de los cítricos tuvo como objetivo cuantificar escenarios de riesgo de pérdidas en la producción nacional de estos frutos como consecuencia de la entrada de la enfermedad HLB al país.

V.1. Metodología

La metodología seguida en la estimación de los escenarios de riesgo partió del cuestionamiento sobre los impactos que podría causar la entrada del HLB a la producción citrícola mexicana y el empleo que demanda dicha actividad, si no se tomara ninguna acción al respecto.

Como se observa en la figura V.1, la primera etapa consistió en identificar y analizar a las principales zonas productoras de cítricos del país; sus especies y variedades; las tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes; las condiciones agroclimatológicas de los cultivos; los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su grado y distribución espacial; así como, una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar dichos impactos.

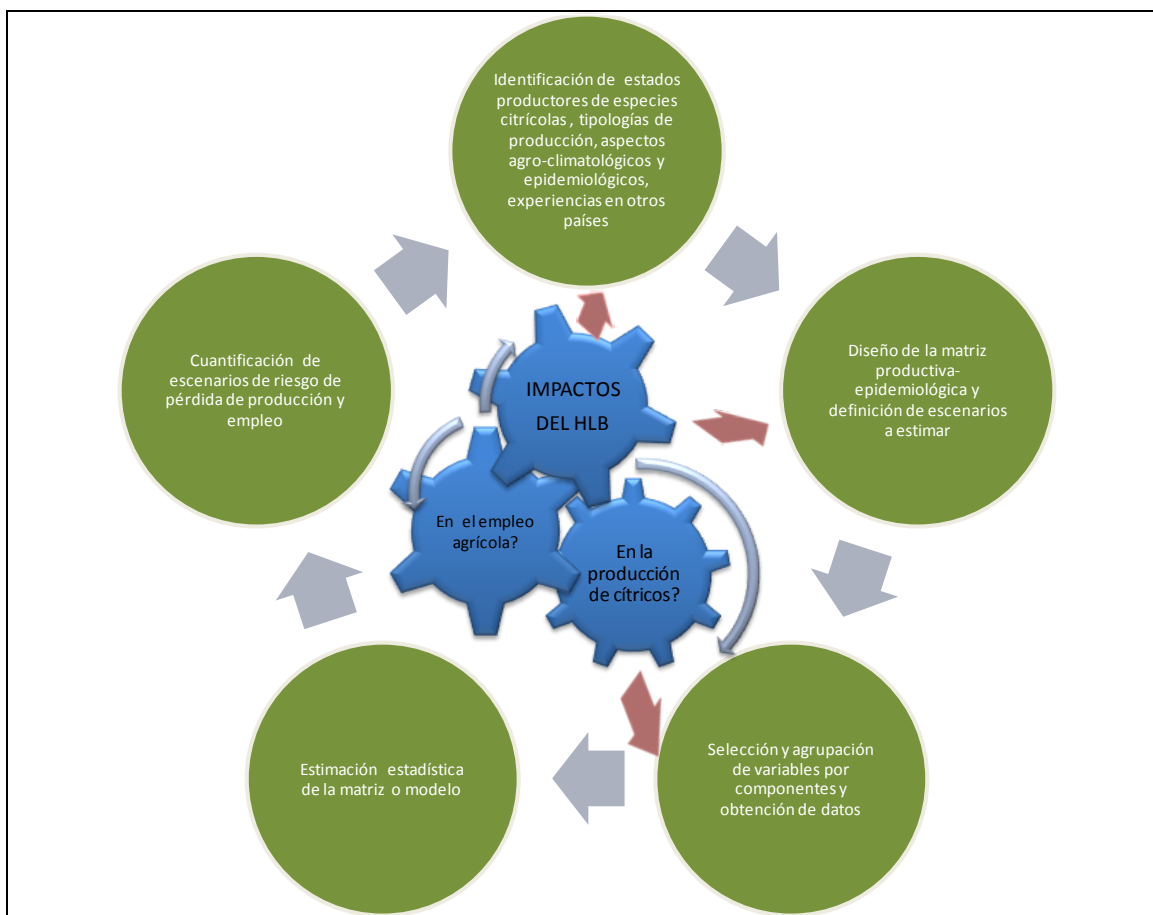
V.1.1. La matriz productiva-epidemiológica y los escenarios planteados

Con base en dicha identificación, se diseñó un modelo o matriz productiva-epidemiológica y se definieron escenarios. La matriz primaria consistió de 20 variables y 1306 observaciones a nivel municipal, relativas a las entidades federativas productoras de las especies citricolas siguientes: naranja (agria, criolla, Valencia, Hamlin), mandarina (criolla, Dancy, Murcot), toronja (criolla, Rubi Red, Red Blush, March), limón persa, limón agrio o mexicano y limón Italiano. Las variables productivas incluyeron a la superficie sembrada y cosechada, rendimientos, volumen y valor de la producción, tipología de producción, costos de producción, número de jornales que demanda cada cultivo, costo de agroquímicos etc., cuyos datos de 2008 fueron obtenidos, en su mayoría, del SIAP. Además las variables de la susceptibilidad de la especie de cítrico al patógeno y la pérdida de peso asociada a la enfermedad.

Los escenarios planteados fueron:

1. Pérdidas potenciales de producción cítrica tomando en cuenta una situación epidémica de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productivas del país.
2. Pérdidas potenciales de producción de cítricos bajo una situación epidémica de intensidad variable y distribución gradual en el país.

Figura V.1 Proceso para estimar escenarios de riesgo de pérdidas en el sector cítrico primario como consecuencia de la enfermedad HLB.



En el planteamiento de ambos escenarios se consideró que:

- a) El ingreso, colonización y establecimiento del HLB en México es inminente tomando en cuenta la presencia del patógeno, *Candidatus Liberibacter*, en el Continente Americano y en la región del Caribe integrada históricamente al territorio mexicano, en lo relativo a fenómenos fitosanitarios de interés regulatorio, así como en grandes regiones productoras de Estados Unidos (Florida) y Brasil.
- b) La detección y erradicación de brotes de HLB en la Península de Yucatán, Jalisco y Nayarit en julio y diciembre de 2009, respectivamente, indican la existencia de presión de inóculo foráneo sobre las regiones cítricas del país.

- c) El vector, *Diaphorina citri*, responsable de la dispersión del patógeno, se encuentra ampliamente distribuido en el país desde su detección en 2004.
- d) El carácter sistémico de la enfermedad (el árbol en su totalidad sufre de estrés fisiológico) permite emplear datos de incidencia para fines de estimación de pérdidas.

Se asumieron los siguientes supuestos con respecto a cada escenario:

Escenario 1:

- 1.1. Debido a la presencia generalizada del vector se considera factible un escenario epidémico de alta intensidad con una incidencia del 100% en todo el país, por lo que las pérdidas se darían sobre la producción anual del ciclo productivo en el cual se realiza el pronóstico.
- 1.2. Por el supuesto de alta intensidad epidémica se elimina el efecto de dispersión espacio-temporal, implicando que los efectos son de tipo multiplicativo, empleando como factor la tasa de reducción de peso del fruto atribuible a la enfermedad.

Escenario 2:

- 1.1. La epidemia de HLB se ha presentado en otros países a través de un proceso espacio-temporal, lo cual implica la estimación de tasas de dispersión epidémicas.
- 1.2. Los procesos espacio-temporales operan a distinto nivel de integración espacial (región, intra-región y parcela) con tasas diferenciales.
- 1.3. El cálculo de tasas epidémicas por medio de modelos epidemiológicos específicos para cada nivel espacial, permite su aplicación en un modelo multiplicativo integral para el cálculo de pérdidas productivas.

A partir de la matriz primaria con entradas de datos a nivel municipal se integró la matriz a nivel estatal, la cual incluyó 18 variables y 111 observaciones, manteniendo la categorización por especie cítrica pero sin discriminar por tipo o variedad; por ejemplo, la categoría de naranja incluyó datos de producción de la tipo criollo, Rubi Red, Red Blush y March. Esta integración a nivel estatal facilitó el uso de las variables debido a la reducida disponibilidad de información a nivel municipal; por ejemplo, para algunas asociadas a producción, las epidémicas y climáticas.

De la matriz integrada a nivel estatal se generaron los escenarios de riesgo que estimaron los niveles de pérdida que traería consigo la enfermedad del HLB en los distintos estados productores de cítricos, tanto en los volúmenes de producción como en la mano de obra que utiliza su cultivo, los cuales se presentan más adelante. Los escenarios de riesgo se utilizaron para alimentar el análisis de sensibilidad desarrollado para la etapa agroindustrial que se explica en el capítulo VI, así como al modelo insumo/producto, IMPLAN, que cuantifica los impactos económicos para toda la cadena productiva de los cítricos (capítulo VII) y en donde se manejan cifras agregadas a nivel nacional.

V.1.2. Variables seleccionadas

Dentro del proceso metodológico, el siguiente paso fue seleccionar las variables a incluir en la matriz y obtener los respectivos datos. A continuación se explica la manera como se conceptualizaron las variables que no fueron obtenidas directamente de la información reportada por el SIAP (como superficie sembrada y cosechada, rendimientos, volumen y valor de la producción, etc.)

V.1.2.1. Variable de susceptibilidad

Con base en la revisión bibliográfica se elaboró una escala nominal de susceptibilidad de tres clases para igual número de categorías de especies cítricas. La base racional es que no existen materiales resistentes a *C. Liberibacter* (Irey, 2009). En el caso de los limones se reporta información empírica (comunicación personal de Loeza, INIFAP, 2010). La escala por grupo de cítricos se definió como se muestra en el Cuadro V.1, incorporándose los números de la misma como variable de susceptibilidad en la matriz.

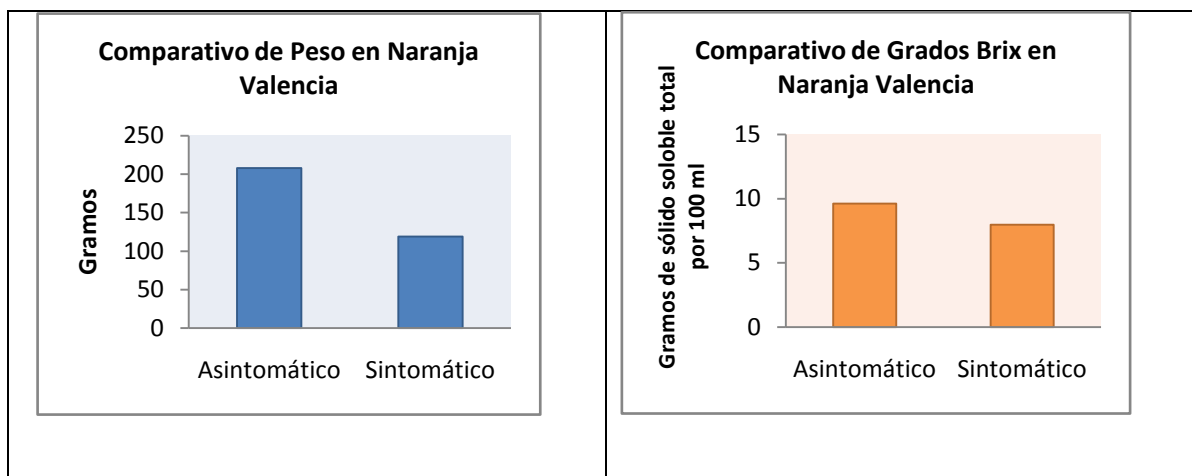
Cuadro V.1 Escala por grupo de cítricos.

	Escala	Especie de cítrico
1	Baja susceptibilidad	limón agrio, limón persa, limón italiano
2	Moderada susceptibilidad	Mandarina
3	Alta susceptibilidad	naranja, toronja

V.1.2.2. Variable pérdida de peso

La pérdida de peso, diámetro del fruto y grados Brix (medida de la concentración de azúcares) atribuibles al HLB se basó en los datos cuantitativos reportados por Bassanezi y colaboradores (2009) para las condiciones y variedades de naranja cultivadas en Brasil. Debido a la amplia distribución de naranja Valencia en México se empleó únicamente este dato para los cálculos respectivos (figura V.2).

Figura V.2 Pérdida de peso y de grados brix por fruto bajo condiciones sintomática y asintomática²³



El procedimiento empleado en Brasil incluyó frutos individuales y árboles sintomáticos al HLB, paulatinamente infectados por al menos cuatro años. Las pérdidas estimadas para naranja Valencia (Bassanezi et al., 2009) fueron las que se indican en el Cuadro V.2.

Cuadro V.2 Valores usados para las variables de interés.

Variable	Valor
Peso del fruto	42% +/- 9.85
Diámetro	18.9%
Grados Brix	17.02%

Dado el carácter sistémico de la enfermedad (y supuestos 1.1 y 1.2 considerados arriba), el porcentaje de pérdida de peso (42%) se multiplicó directamente por el volumen de producción a nivel municipal para calcular pérdidas de producción primaria para el caso de naranja. El valor promedio y las desviaciones estándar obtenidas se emplearon para calcular tres escenarios de riesgo: pérdida baja, moderada y alta.

Debido a que no existen datos publicados sobre niveles de pérdida para otras especies de cítricos, se decidió asociar el porcentaje de pérdida de peso de naranja (42%) al nivel de susceptibilidad (S_j) de la especie cítrica expresado en proporción, siendo limones=1/3 (baja susceptibilidad), mandarina=1/2 (moderada susceptibilidad), naranja y toronja=1/1 (alta susceptibilidad). La variable de pérdida de peso ($Perpe$) se calculó de la siguiente manera:

$$Perpe = (\text{Producción de la especie-}i)(42\%)(S_j);$$

²³ Fuente: Datos publicados por Bassanezi y colaboradores, 2009

donde, la especie-*i* es naranja, toronja, mandarina, limón mexicano, limón persa y limón italiano.

V.1.2.3. Variable tipología de la producción

La conceptualización de la tipología de la producción se hizo mediante un enfoque multivariado que empleó variables socio-económicas y tecnológicas (González, 1990), la cual permitió generar una escala nominal donde la tipología de tipo comercial-intensiva tuvo el valor de la escala más alto (18) y la agricultura de tipo campesina extensiva con tecnología mínima y producción baja, el menor valor (1). El objetivo fue generalizar costos de producción obtenidos de varias fuentes bibliográficas para distintas condiciones agrícolas y tipo de cítrico, con lo cual se subsanó la carencia de dichos datos oficiales a nivel municipio para la actividad primaria en la mayoría de las regiones cítricas del país (ej. número de jornales demandados por hectárea y cantidad de agroquímicos aplicados). Los 18 tipos de agricultura mexicana de González (1990), se emplearon para generar la escala, con ese número de clases, para todos los municipios de cada estado cítrico del país y su correspondiente tipología agrícola. Así, en la matriz se introdujo el valor de la escala asociada a cada municipio productor de cítricos.

V.1.2.4. Número de jornales/hectárea y costos de los agroquímicos

No existen costos de producción disponibles para todos los estados productores de las distintas especies de cítricos, para el mismo año. Por tanto, los datos disponibles para naranja, limón, mandarina y toronja en Colima, San Luís Potosí, Oaxaca, Sonora, Nuevo León, Yucatán y Veracruz, que en su mayoría correspondían a 2007, se actualizaron a 2008 por el factor inflacionario siguiente:

$$VF= VA * (1+i)^n,$$

donde:

VF= Valor futuro

i= tasa inflacionaria estimada con el INPC de Banco de México (6.38%)

n= número de años a proyectar

VA= valor actual

Los costos de producción utilizados para todas las variedades del limón (mexicano, persa e italiano) fueron los de limón agrio o mexicano de Colima (SIAP-SAGARPA 2007, Ramírez *et al*, 2008, Herbert, 2009); mientras que para mandarina se utilizó el mismo de la naranja; esté último así como el de toronja reportados por FIRA (Ramos, 2009) y SIAP-SAGARPA (2007).

A fin de estimar el impacto de pérdida en otros sectores industriales asociados al de producción de cítricos, de la estructura de costos se desagregaron los de la mano de obra y de los agroquímicos

para cuantificar su impacto por separado; manejando porcentajes promedio representativos de los mismos cuando no se contó con cifras reportadas desagregadas para las distintas especies de estos frutos en los diferentes estados productores. Por ejemplo, los agroquímicos representaron el 7% de los costos de producción del limón mexicano en Colima y, dentro de estos, el 77% correspondió a fertilizantes, 12% a fungicidas, 5% a insecticidas y 6% a herbicidas (Ramos, 2009 y Ramírez *et al.*, 2008); esta composición porcentual se extrapola a otras regiones productoras de limón con similar tipología de producción. De la misma manera, se determinaron los respectivos costos de producción desagregados para todas las variedades a nivel municipal, identificando la tipología agrícola predominante en la región o estado (ej. en Martínez de la Torre, Veracruz), de acuerdo con González (1990), partiendo de las cifras publicadas disponibles.

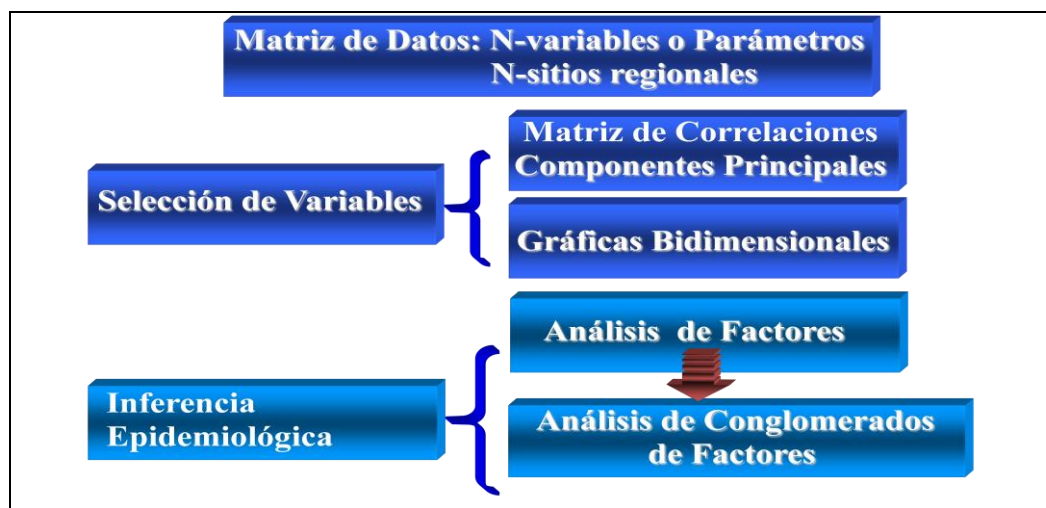
Partiendo también de la estructura de costos de producción se desagregó el costo de la mano de obra, el cual se utilizó para cuantificar el número de jornales por hectárea de cada especie de cítrico (para realizar las labores culturales y de cosecha en un día). Por ejemplo, dividiendo el costo total de la mano de obra para las distintas especies en los diferentes estados entre \$150.00, que fue el promedio nacional de salario diario en el campo durante 2008.

V.1.3. Estimación estadística de los escenarios de riesgo

El enfoque analítico fue de tipo multivariado con el fin de incorporar el efecto de combinación lineal del conjunto de variables previo un proceso de depuración por colinealidad (Mora-Aguilera and Campbell, 1997; Mora-Aguilera et al., 1993). Como se muestra en la Figura V.3, el procedimiento general partió del diseño de la matriz que incluyó “N” variables o parámetros de carácter productivo y “N” municipios/estados.

Una vez seleccionadas y operacionalizadas las variables, se realizaron correlaciones a las mismas para seleccionar las de mayor relevancia, siendo estas últimas a las que se aplicó la técnica estadística de componentes principales de donde se generaron gráficas bidimensionales para las escalas de susceptibilidad predeterminadas. Dentro de la etapa de inferencia epidemiológica, la matriz se corrió bajo la técnica estadística de análisis factorial, con base en cuyos resultados se efectuó también un análisis factorial de conglomerados.

Figura V.3 Procedimiento multivariado general aplicado para el análisis estadístico de los escenarios productivo y epidémico del impacto del HLB en la citricultura mexicana.



V.2. Resultados del análisis de impacto del HLB

V.2.1. Escenario 1

Para el escenario 1 (*Estimación de pérdidas potenciales de producción citrícolas con un escenario epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productivas del país*), los resultados del análisis se muestran en la figura V.4 para las especies de mayor importancia económica para el país: naranja, toronja, limón mexicano y limón persa

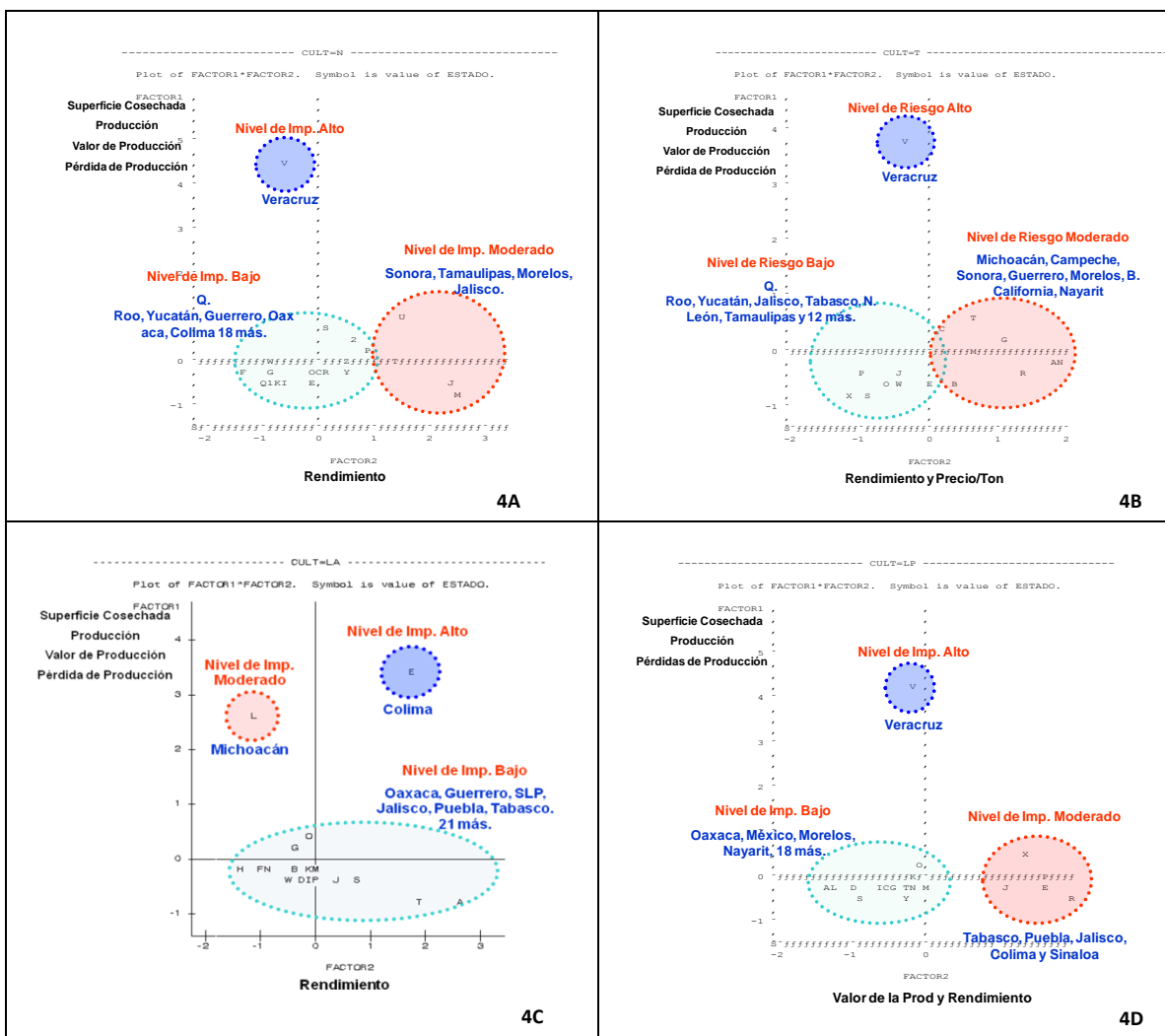
Las gráficas de la Figura V.4 muestran a las entidades federativas (representados por los caracteres alfanuméricos) en un plano bidimensional conformado por los factores 1 y 2, los cuales concentraron la mayor varianza multivariada (74 a 82%). En general, en todas las especies citrícolas la varianza del primer factor estuvo principalmente explicada por la *superficie cosechada, producción y reducción potencial del rendimiento* (pérdida de producción). La varianza del segundo factor correspondió principalmente al *rendimiento (ton/ha)*. Lo anterior exhibe la alta heterogeneidad de la citricultura nacional en función de las condiciones agro-productivas del sector primario; por ejemplo, mientras por un lado se tienen entidades con una gran superficie sembrada de más de una especie cítrica (como Veracruz con aproximadamente 164 mil hectáreas de naranja, así como otras de limón persa y toronja), por otro hay estados con muy poca superficie de una sola especie (como Aguascalientes que solo reporta 3 hectáreas para el mismo cítrico, según SIAP, 2008). La variabilidad en el rendimiento indica los distintos niveles tecnológicos y, por tanto, los diferentes niveles de utilización de insumos; sin embargo, altos rendimientos asociados a mayor utilización de insumos, no necesariamente se reflejó en mayores valores de la producción (la correlación estadística fue inferior a 0.40), indicando la presencia de otros factores como las condiciones de oferta y demanda de los frutos. Esto implica que el impacto potencial del

HLB podría tener consecuencias en función de la superficie sembrada y rendimientos en los distintos estados del país. Consecuentemente, estudios a nivel de entidades específicas podrían ser necesarios para un diagnóstico de impacto más preciso.

Debido a la alta varianza explicada por los factores 1 y 2, la visualización de las entidades federativas en el plano bidimensional permite establecer grupos de entidades con similitud productiva y, por tanto, semejantes con respecto al impacto del HLB. Así, los estados localizados en el cuadrante positivo con respecto a los dos factores indican que tienen una gran superficie cosechada y altos rendimientos; mientras que la ubicación en el cuadrante positivo únicamente para el factor 1, muestra a las entidades con alta superficie sembrada (Figura V.4). Por ejemplo, los estados que podrían tener el mayor impacto en producción por la presencia del HLB son Veracruz con naranja, toronja y limón persa (cuadrantes 4A, 4B y 4D); mientras que Colima y Michoacán tendrían un impacto de alto a moderado en el limón mexicano (4C); y Tamaulipas un riesgo moderado en naranja y bajo en toronja (4ª y 4B). La identificación de otros estados no fue tan contundente con respecto a la pertenencia a una categoría en particular.

Con el fin de obtener una categorización formal en los tres niveles de impacto potencial del HLB (alto, moderado y bajo) se procedió a vincular el análisis factorial con un análisis de conglomerados, generando con ello las tres categorías preestablecidas. Así por ejemplo, para naranja (cuadrante 1A) el estado que tendría el mayor impacto potencial fue nuevamente Veracruz; con impacto moderado, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco; y con bajo impacto, el resto de entidades. Llamó la atención que dentro del grupo de estados con bajo impacto se ubicaron Nuevo León y San Luis Potosí, los cuales, aunque tienen más de 25 mil hectáreas sembradas, por sus bajos rendimientos y por ende su volumen y valor de la producción, no se caracterizan como expuestos a un riesgo moderado o alto.

Figura V.4 Agrupación por exploración gráfica de entidades federativas (siglas alfanumérica) en impacto alto, medio y bajo con respecto al efecto potencial del HLB en la producción del sector primario de cítricos definidas por los factores 1 y 2 de una análisis de componentes principales.



4A. Naranja: varianza total 0.75 (factor 1=0.56, factor 2=0.18). **4B.** Toronja: varianza total 0.81 (factor 1=0.64, factor 2=0.17). **4C.** Limón agrío: varianza total 0.83 (factor 1=0.65, factor 2=0.17). **4D.** Limón persa: varianza total 0.75 (factor 1=0.55, factor 2=0.20).

De acuerdo con el Cuadro V.3, el porcentaje estimado de pérdidas fue superior para el grupo de estados expuesto a mayor impacto del HLB y, consecuentemente, menor para el expuesto a un bajo impacto. Por ejemplo, como el impacto para la producción de naranja en Veracruz sería alto, la pérdida potencial de su producción (846,543 toneladas) representaría el 47% del total en 2008 y sería el mismo porcentaje con el que contribuiría a pérdida nacional de dicho cítrico; mientras que el impacto moderado que enfrentarían cuatro estados (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) generaría una pérdida de 329,354 toneladas, equivalentes al 18% de la pérdida nacional (1.8 millones de toneladas), y los 22 estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, contribuirían en conjunto con 644,743 toneladas o 35% a la pérdida nacional.

También en toronja Veracruz sería el estado que enfrentaría mayor impacto del HLB, representando la pérdida potencial de su producción (111,949 toneladas) el 63% de la nacional; mientras que 8 estados contribuirían con 36,077 toneladas o con el 20% a la pérdida potencial nacional y otros 10 con el 17% restante (30,195 toneladas).

Bajo el mismo enfoque y como se observa en el Cuadro V.4, el país enfrentaría pérdidas potenciales del orden de las 183,168 toneladas de limón agrio o mexicano, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con 87,765 toneladas equivalentes al 48% de su producción; Michoacán con 59,071 toneladas o 32% de su producción (enfrentando impacto moderado); y otros 20 estados expuestos a un impacto bajo, con 36,332 toneladas en conjunto equivalentes al 20% restante de la pérdida nacional. De limón persa, Veracruz perdería el 64% de su producción (75,987 toneladas) al estar expuesta a un alto impacto; otros 5 estados que enfrentarían impacto moderado, contribuirían en conjunto con el 19% a la pérdida nacional (con 22,882 toneladas); y los 14 estados restantes, expuestos a impacto bajo, con el 16% a la pérdida nacional (19,380 toneladas).

Cuadro V.3 Pérdidas potenciales de producción estimadas debido al impacto del HLB en naranja y toronja en los estados.

Naranja				Toronja			
Estado	Impacto alto			Estado	Impacto alto		
	Producción (Ton)	Pérdida potencial			Producción (Ton)	Pérdida potencial	
		Toneladas	Porcentaje			Toneladas	Porcentaje
Veracruz	2,015,800	846,543	47	Veracruz	256,546	111,949	63
Subtotal	2,015,800	846,543	47	Subtotal	256,546	111,949	63
Impacto moderado				Impacto moderado			
Jalisco	5,914	2,484	1	Baja California	950	399	1
Morelos	5,012	2,105	1	Nayarit	9	44	0
Sonora	228,170	93,772	28	Morelos	175	74	0
Tamaulipas	549,984	230,993	70	Guerrero	33	14	0
Subtotal	789,079	329,354	18	Sonora	17,516	7,357	20
Impacto Bajo				Impacto bajo			
Nayarit	1,848	776	0	Campeche	13,649	5,657	16
Michoacán	4,601	1,932	0	Michoacán	53,629	22,524	62
Aguascalientes	21	9	0	Sinaloa	118	50	0
Chiapas	15,784	6,629	1	Subtotal	85,898	36,077	20
Guerrero	3,592	1,508	0	Impacto bajo			
Baja California	4,579	1,923	0	Yucatán	6,787	2,850	9
Hidalgo	53,541	22,487	3	Jalisco	1,335	561	2
Sinaloa	3,592	1,508	0	Oaxaca	2,280	958	3
Campeche	34,875	14,648	2	Tabasco	900	378	1
Baja California Sur	20,240	8,501	1	San Luis Potosí	66	28	0
Tabasco	79,538	35,465	6	Nuevo León	20,364	8,666	29
Oaxaca	68,070	28,589	4	Tamaulipas	30,211	12,289	41
Colima	3,646	1,531	0	Puebla	10,437	4,384	15
México	331	139	0	Baja California Sur	73	31	0
Querétaro	1,345	565	0	Colima	122	51	0
Quintana Roo	138,642	38,448	6	Subtotal	72,844	30,195	17
Zacatecas	141	59	0				
Yucatán	161,285	67,739	11				
Puebla	215,185	90,378	14				
Nuevo León	352,068	147,874	23				
Durango	596	250	0				
San Luis Potosí	413,774	173,785	27				
Subtotal	1,577,294	644,743	35				
Total Nacional	4,382,173	1,820,640	100	Total Nacional	72,844	30,195	100

Cuadro V.4 Pérdidas potenciales de producción en los estados debido al impacto del HLB en limón agrio/mexicano y limón persa.

Limón Agrio mexicano				Limón Persa			
Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial		Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial	
		Toneladas	Porcentaje			Toneladas	Porcentaje
Impacto alto				Impacto alto			
Colima	626,896	87,765	48	Veracruz	542,762	75,987	64
Subtotal	626,896	87,765	48	Subtotal	542,762	75,987	64
Impacto moderado				Impacto moderado			
Michoacán	421,939	59,071	32	Colima	31,094	4,353	19
Subtotal	421,939	59,071	32	Puebla	42,750	5,985	26
Impacto Bajo				Sinaloa	71	10	0
Baja California Sur	141	20	0	Jalisco	18,816	2,634	12
Sinaloa	2,377	333	1	Tabasco	70,715	9,900	43
Jalisco	8,754		3				
Veracruz	2,633	369	1	Subtotal	163,447	22,882	19
México	1,101	154	0	Impacto bajo			
Puebla	2,890	404	1	Nayarit	10,736	1,503	
Morelos	101	14	0	Yucatán	38,111	5,335	
Tamaulipas	23,623	3,257	9	México	117	16	
Yucatán	314	44	0	Campeche	5,276	739	
Durango	640	90	0	Hidalgo	3,304	463	
Querétaro	45	6	0	Quintana Roo	1,515	212	
Hidalgo	592	83	0	Sonora	225	32	
Chiapas	1,959	274	1	Baja California	488	68	
Nayarit	2,567	359	1	Michoacán	60	8	
San Luis Potosí	330	46	0	Guerrero	19,687	1,575	
Guerrero	82,502	11,550	32	Morelos	2,752	385	
Oaxaca	126,006	17,641	49	Chiapas	1,699	238	
Guanajuato	2	0	0	San Luis Potosí	2,751	385	
Baja California	2,522	353	1	Oaxaca	60,148	8,421	
Sonora	780	109	0				
Subtotal	259,519	36,332	20	Subtotal	127,193	19,3805	16
Total Nacional	1,308,354	183,168	100	Total Nacional	833,402	118,249	100

Considerando el criterio de la variabilidad de pérdidas también en el número de jornales por tonelada producida, utilizado por Bassanezi y colaboradores (2009), las pérdidas potenciales de producción para cada especie cítrica a nivel nacional, bajo tres distintos escenarios de riesgo y considerando la entrada y establecimiento del HLB en el país (Cuadro V.5), con un impacto bajo, la pérdida para el conjunto de cítricos sería de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, siendo la naranja y toronja las que enfrentarían el mayor porcentaje de pérdida (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón (10%). Con un impacto moderado, la pérdida en producción de cítricos sería de 2.35 millones de toneladas o el 32% de la producción nacional, nuevamente con los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%), mientras que con un impacto alto, la pérdida se incrementa a 3 millones de toneladas correspondientes al 41% de la producción del país, y el impacto para naranja y toronja crece al 53%, para mandarina al 26%

y para limón al 18% (Cuadro V.5). Por otro lado, se perderían 8 jornales por tonelada promedio de cítricos, 9 por tonelada de limón persa y mandarina, 7 de limón italiano y naranja y 6 de toronja.

Cuadro V.5 Pérdidas potenciales de producción por especie citrícola asumiendo el ingreso y establecimiento de *C. Liberibacter* en el territorio mexicano.

ESPECIE	PRODUCCIONNA CIONAL ACTUAL (TON)	Impacto bajo		Impacto moderado		Impacto alto		Impacto en el número de Jornales/Ton producida		
		PERDIDA POTENCIAL HLB (TON)	POR POTENCIAL HLB (%)	PERDIDA POTENCIAL HLB (TON)	POR POTENCIAL HLB (%)	PERDIDA POTENCIAL HLB (TON)	POR POTENCIAL HLB (%)	VALOR DE LA PRODUCCION (MILLONES)	DEL VALOR DE LA PRODUCCION	JORNALES / TON. PROD.
Limón Mexicano	1,308,354	130,835	10%	183,168	14%	230,270	18%	3,386	33%	8
Limón Persa	834,966	83,496	10%	116,685	14%	146,954	18%	1,609	16%	9
Limón Italiano	87,132	8,713	10%	12,198	14%	15,335	18%	136	1%	7
Naranja	4,390,326	1,448,807	33%	1,824,065	42%	2,313,709	53%	4,341	43%	7
Mandarina	200,891	33,147	17%	39,790	21%	53,035	26%	204	2%	9
Toronja	425,255	140,334	33%	178,208	42%	224,109	53%	530	5%	6
Total cítricos	7,246,925	1,845,333	25%	2,354,114	32%	2,983,406	41%	10,206	100%	8

De acuerdo con el Cuadro V.5, la naranja representó el 43% del valor de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano el 1% restante.

Hasta aquí, el análisis del sector productivo primario no incluyó variables de inductividad epidemiológica; a partir del siguiente apartado en donde se comentan los resultados del escenario 2, dichas variables fueron incluidas.

V.2.2. Escenario 2

En la evaluación del escenario 2 (estimación de pérdidas potenciales de producción de cítricos con un escenario epidémico de intensidad variable y distribución gradual en el país en función de un modelo temporal) el modelo incluyó variables o índices asociados al sistema epidemiológico (clima, hospedante, patógeno, vector y condiciones agronómicas); es decir, los escenarios de riesgo generados partieron de un enfoque de epidemiología comparativa que tomó en cuenta las variables consideradas en análisis similares realizados en otras regiones del mundo y, en particular de Latinoamérica, donde actualmente se presentan epidemias de HLB. Este enfoque incorpora consideraciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad que un proceso epidémico (Mora-Aguilera et al., 2003; Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2001).

V.2.3. Variables consideradas

Por ejemplo, el clima es un factor que influye determinadamente en la patogénesis del patógeno y en el ciclo de vida del vector, operando de manera diferencial en los tres tipos de *Candidatus Liberibacter: asiaticus, africanus y americanus* y en las dos especies vectoras (Hemiptera:Psyllidae): *Diaphorina citri* y *Trioza erytrae*, permitiendo incluso el establecimiento de rangos a los cuales prevalecen distintivamente cada uno de estos patógenos e insectos (Aurambout et al., 2009; Aubert, 1987; Catling, 1970). Por tanto, el tipo climático predominante en Florida y Brasil, donde actualmente operan epidemias de alta intensidad, se empleó como un criterio de inductividad epidémica.

Otra variable incluida fue la densidad de poblacional del hospedante por superficie sembrada de especie citrícola. La base racional para la consideración de esta variable es que bajo condiciones favorables del resto de los componentes del sistema epidemiológico, a mayor cantidad de hospedante por entidad federativa mayor riesgo epidémico (Mora-Aguilera, 2000). La cantidad de hospedante permite la colonización y por tanto el establecimiento del patógeno y del vector, así como una mayor cantidad de inóculo y de actividad del vector permitiendo el progreso de epidemias. La velocidad de este progreso estaría condicionada a otros factores como el clima. La densidad de hospedante es fundamental cuando existe especificidad entre los organismos plaga y su huésped, lo cual aplica para el HLB. En México, el vector presente (*D. citri*) aparentemente es restrictivo a cítricos y a *Murralla paniculata* (Rutacea), una especie ornamental perteneciente a la misma familia de los cítricos (Rutacea). Análogamente, *C.L. asiaticus*, el organismo que se ha encontrado en los primeros brotes en México (www.Senasica.gob.mx/?id=1013) es restrictivo a la familia Rutaceae, aunque existen reportes en otras familias como la Convolvulacea (caso de la cúscura).

Si bien la densidad del hospedante es importante, al final, la susceptibilidad a la infección del patógeno determina la intensidad de la enfermedad y, por tanto, la producción de inóculo. Por lo tanto, en la estimación del escenario 2, también se incorporó este principio biológico considerando los reportes de susceptibilidad por especie citrícola, pero ponderando las categorías de susceptibilidad por especie citrícola con la respectiva superficie sembrada. La idea fue representar la susceptibilidad potencial total por entidad federativa con el fin de estimar la capacidad epidémica tomando en cuenta todas las especies de cítricos, las cuales contribuirían con inóculo en función de su susceptibilidad. La conceptualización de estas variables o índices se describe a continuación.

Índice de densidad citrícola relativa a superficie estatal (CitGrI)

La densidad del hospedante (hectáreas sembradas) se consideró en primera instancia con respecto a la superficie total por estado, obteniendo un valor en proporción a la cantidad de una especie citrícola. Valores máximos de 1 representarían a un estado donde toda su superficie estuviera cultivada con una especie citrícola en particular.

$$CitGr = SupS / SupEdo$$

donde,

$SupS$ = Superficie sembrada por tipo de cítrico en hectáreas

$SupEdo$ = Superficie total del estado en hectáreas

Índice de densidad citrícola relativa a superficie agrícola (CitAg)

Este índice representa también la cantidad de una especie citrícola en particular, con respecto a la cantidad de la superficie del estado dedicada únicamente a la actividad agrícola (Mora *et al.*, 1998), y se consideró para representar el área que puede ser inductiva a la ocurrencia de epidemias. En ambos índices se emplea la superficie sembrada, no la cosechada, dado que plantaciones jóvenes aun improductivas pueden también contribuir a la producción potencial de inóculo (Irey, 2009).

$$CitAg = SupS / SupAgr$$

donde, $SupS$ = Superficie sembrada (hectáreas) por tipo de cítrico

$SupAgr$ = Superficie agrícola del estado (hectáreas)

Índice de susceptibilidad ponderado (IndScpt)

El índice de susceptibilidad ponderado se integró considerando la susceptibilidad de la especie de cítrico- i ($Scpt-j$) con base en la escala de 1 a 3 (altamente susceptible) como factor de ponderación de la superficie sembrada de la respectiva especie- i ($SupS-i$) en hectáreas.

$$IndScpt = \frac{\sum_i (Scpt-j) (SupS-i)}{\sum SupS_t}, j=1 a 3, i=1 a 6$$

donde, $Scpt-i$ = Suceptibilidad por especie- i

$SupS-i$ = Superficie sembrada por especie- i

$\sum SupS_t$ = Sumatoria de la superficie sembrada por especie- i

Índice de inductividad climática (IndCli)

Este índice se calculó con base en una combinación lineal de la ponderación de inductividad epidémica del tipo de clima (IEC) con su respectivo porcentaje territorial por entidad federativa (P). La tipología de clima de México se basó en el sistema de Köppen modificado por García (1973) y las proporciones climáticas por entidad federativa se obtuvieron de Mora *et al.* (1998). Debido a que la escala de inductividad epidémica tuvo como referencia el tipo de clima en las regiones bajo presión epidémica de Brasil y a que estas no se rigen por la misma nomenclatura de García (1973),

se analizaron las normales de temperatura y precipitación pluvial de San Pablo, Brasil para establecer la correspondencias climáticas (www.inmet.gov.br).

$$\text{IndCli} = \frac{\sum (\text{IECi})(\text{Pi})}{\sum \text{Pi}}$$

donde, IECi=1 a 3, 1=B,C,E; 2= A(C) y (A)C; 3=Aw(i,w)

Temperatura y precipitación pluvial

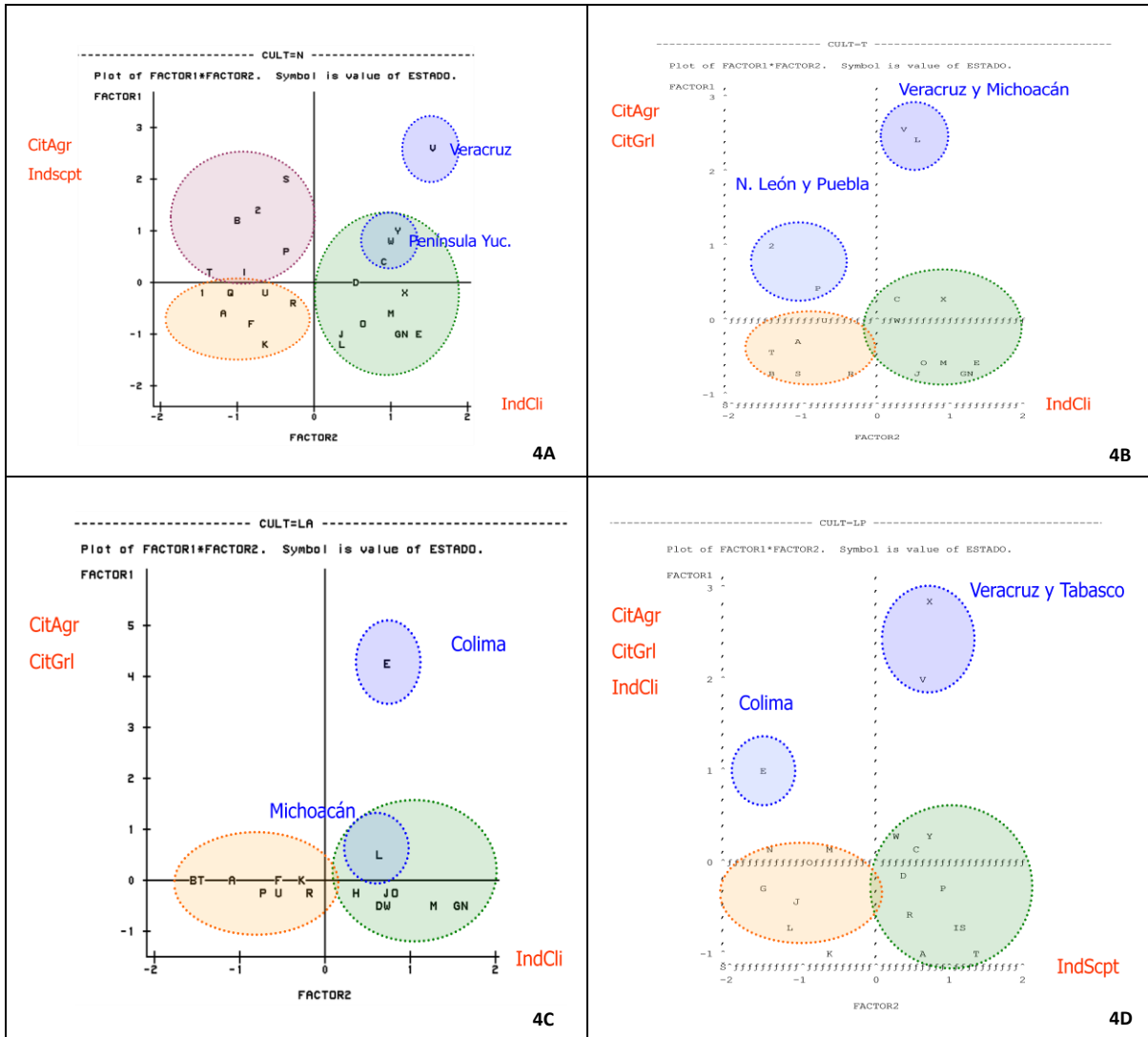
En adición al índice climático se incluyó en la matriz la variable temperatura y precipitación pluvial, representada por los datos anuales de temperatura mínima, máxima, promedio y precipitación pluvial, a nivel estado (obtenidas de <http://smn.cna.gob.mx>; <http://cuentame.inegi.gob.mx>); sin embargo, al final su inclusión no probó ser estadísticamente representativa.

V.2.4. Categorización del riesgo epidémico.

La matriz que incluyó las variables antes mencionadas se sometió a un análisis multivariado similar al descrito en la figura V.3, teniendo como objetivo generar, en una primera etapa, los escenarios de riesgo epidémico al HLB por especie citrícola (Figura V.4, y Cuadro V.5) y, en una segunda, asociar dichos escenarios con estimaciones de pérdidas de producción (Cuadro V.5 al Cuadro V.7). La metodología de esta segunda etapa se describe más adelante.

Las gráficas de la figura Figura V.5 representan a los estados del país (caracteres alfanuméricos) en un plano bidimensional conformado por los factores 1 y 2, los cuales concentraron la mayor varianza multivariada (72 a 84%). En general, en todas las especies citrícolas, la varianza del primer factor estuvo principalmente explicada por el *índice de cantidad citrícola* en sus dos representaciones (a nivel de región agrícola y territorio estatal), mientras que la varianza del segundo factor correspondió principalmente al *índice climático y en un caso al índice de susceptibilidad*. De la interpretación de esta grafica se desprende que los estados localizados en el cuadrante positivo con respecto a los dos factores son los de mayor inductividad epidémica; por ejemplo, Veracruz y la península de Yucatán con naranja; Veracruz y Michoacan con toronja; Colima con limón agrio; y Veracruz y Tabasco con limón persa.

Figura V.5 Agrupación de los estados productores de cítricos (siglas alfanumérica) bajo niveles de riesgo epidémico con respecto al HLB, definidos por los factores 1 y 2 del análisis de componentes principales.



4A. Naranja, varianza total 0.72 (factor 1=0.41, factor 2=0.31). **4B.** Toronja, varianza total 0.84 (factor 1=0.46, factor 2=0.38). **4C.** Limón agrio, varianza total 0.84 (factor 1=0.61, factor 2=0.23). **4D.** Limón persa, varianza total 0.72 (factor 1=0.47, factor 2=0.25).

La discriminación de grupos de estados con similitud de riesgo epidémico sugiere una fuerte heterogeneidad de condiciones para la inducción de epidemias, ocurriendo la mayor dispersión de entidades en dirección del eje del factor clima (factor 2). Así, mientras en un extremo se ubicaron Baja California, Baja California Sur y Zacatecas, con predominancia al clima de tipo B (seco) (Mora *et al.*, 1998), lo que explica el valor de 1 para el índice de inductividad climática desfavorable a la actividad del vector; en dirección opuesta estuvo Veracruz, con un índice de 2.75 de un máximo de 3. La abundancia del hospedante discriminó a principales estados productores de cítricos (Veracruz, Michoacán y Colima), del resto de entidades. La combinación de inductividad climática con la abundancia del hospedero colocó a Veracruz en el nivel de riesgo epidémico más alto para

naranja, limón persa y toronja, mientras que Colima quedó en el mismo nivel con limón agrio. Sin embargo, Michoacán, a pesar de sus 36,953 hectáreas cultivadas de cítricos se colocó en al grupo de moderado riesgo, debido a su índice climático de 1.89, contrastando con Colima (28, 225 hectáreas del mismo cítrico) que tuvo un índice de 2.64.

Estos resultados confirmaron que el riesgo epidémico a *C. Liberibacter* en el territorio nacional puede clasificarse en función de dos componentes fundamentales del sistema epidemiológico: el hospedante y el clima. La discriminación de estos componentes en factores distintos, representan dimensiones multivaridas diferentes, sugiriendo que las variables elegidas para representar al hospedante (abundancia y susceptibilidad ponderada) y el clima (índice de inductividad climática) fueron representativas del sistema en estudio.

Debido a que el análisis de conglomeradas se basa en distancias euclidianas, en la definición de grupos de estados, el número de 'cluster' no se asoció directamente con el nivel de riesgo, sino que se observaron los valores asociados a los factores empleados en la definición de grupos analizando la ubicación de los mismos en el sistema bidimensional de la figura V.5. Así, con excepción del limón agrio donde el número de 'cluster' concordó con el nivel de riesgo epidémico, para el resto de cítricos el 'cluster' 1 y 2 corresponden al nivel de riesgo moderado y bajo, respectivamente.

Los resultados del análisis de riesgo de este estudio se soportan con los focos o brotes detectados de HLB en tres estados de la Península de Yucatán, además de en dos de la región pacífico (Nayarit y Jalisco) ya que de acuerdo al modelo, las entidades de la Península quedaron ubicadas en la categoría de riesgo moderado para todas las especies cítricas, mientras que Nayarit y Jalisco de riesgo bajo (al no tener importantes superficies cultivadas de los mismos). Estos resultados reflejan la baja susceptibilidad al HLB atribuible al limón, en sus variedades de agrio y persa. Adicionalmente, se ha observado que el mayor número de brotación vegetativa del limón persa permite la detección del vector con mayor frecuencia debido a la disponibilidad de alimento (Loeza 2010. INIFAP, comunicación personal). Sin embargo, la detección del patógeno en limones en ambas regiones del país (Península de Yucatán y Pacífico) obliga a reconsiderar el supuesto de baja susceptibilidad y sugiere la necesidad de estudios específicos a nivel regional. Los resultados de este estudio, además de aportar un escenario aceptable del impacto del HLB a nivel nacional, permitieron identificar requerimientos de mayor análisis en función de los atributos productivos y epidémicos de las distintas entidades federativas, que proporcionen un diagnóstico de impacto más preciso.

Otras variables asociadas a las condiciones agronómicas del cultivo como la edad y densidad de plantación, o la presencia del vector, no fueron incluidas por falta de disponibilidad de datos a nivel estatal. Aunque dicha información podría ser relevante en estudios de riesgo (Mora-Aguilera, 2000, Mora-Aguilera *et al.*, 2003), los reportes de la amplia dispersión del HLB a nivel regional (www.fundecitrus.com.br/Home/Default.aspx) y los resultados obtenidos de este análisis sobre el proceso epidémico de tipo monomolecular al nivel espacial (figura V.6) indican la existencia de un proceso 'explosivo' dependiente de fuentes simultaneas de infección primaria, por lo que la

diversidad de condiciones agronómicas generalmente existentes a nivel regional, no es aparentemente restrictiva para la ocurrencia epidémica. El vector, sin embargo, si tiene un rol determinante cuando el inóculo está presente. *D. citri* se reportó en Brasil en 1942 (Lima, 1942) sin consecuencias epidémicas hasta la ocurrencia del patógeno en el 2004 (www.fundecitrus.com.br/Home/Default.aspx). Si bien el vector *D. citri* está prácticamente presente en todas las regiones citrícolas de México (www.senasica.gob.mx/?=1013), no existen datos formales documentados a nivel estatal, que hubieran permitido la inclusión de esta variable de manera directa en el modelo; sin embargo, a través del índice de inductividad climática, la propensidad y actividad del vector (capacidad de adquisición y transmisión del patógeno) se incluyó en el presente estudio de manera indirecta (Mora *et al.*, 2010), así como, las condiciones asociadas a la patogénesis de *C. Liberibacter* fueron implícitamente incorporadas en el índice de clima incorporado.

V.2.5. Estimación de pérdidas de producción bajo un criterio epidémico

En la estimación de pérdidas potenciales la idea fue explotar el carácter sistémico de la enfermedad, asociando datos de incidencia (no de severidad) a las pérdidas de producción (Mora *et al.*, 2010). Sin embargo, debido a la diversidad regional del país, en el enfoque requerido en este trabajo se excluyó el efecto crónico o de endemidad de una infección, mismo que se ha comprobado en varios patosistemas sistémicos (Mora *et al.*, 2010; Alamilla *et al.*, 1999; Mora-Aguilera *et al.*, 1995. Mora *et al.*, 1990). Es decir, la pérdida de producción atribuida a un patógeno sistémico depende del tiempo de infección en la planta, la cual con una infecciones vieja (ej. cinco años) tendrá mayores pérdidas que una con un año de infección. Por esta razón, aunque las estimaciones de pérdidas se realizaron para escenarios epidémicos de uno, tres y cinco años (tiempo después de iniciada la epidemia potencial en México), las de tres y cinco años son más representativas. La consideración de infección crónica *sensu* Mora y colaboradores (Mora *et al.*, 2010) se incorporó de manera indirecta en este trabajo (debido a la falta de datos publicados que soporten dicha situación), adaptando, para el caso de naranja, el dato de pérdida asociado a incidencia, reportado por Bassanezi y colaboradores (2009).

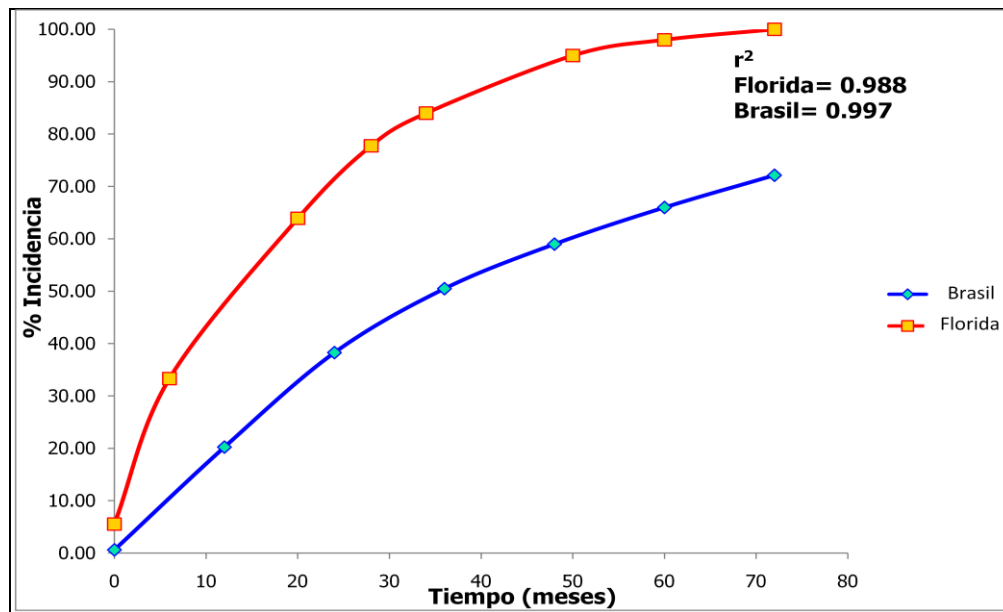
V.2.6. El modelo de temporalidad

La premisa requerida para asociar la incidencia con pérdidas de producción fue encontrar un modelo de temporalidad que estimara la incidencia del HLB, con aceptable precisión estadística. Dicho modelo tendría que ser estimado a nivel regional, más que a nivel parcela, pues a este último nivel las epidemias reportadas son de alta intensidad debido al carácter fuertemente agregado y por la mayor evidencia de inóculo local (ej. proveniente de parcelas vecinas) tal como se muestra en la presencia de efecto de bordo (Batista *et al.*, 2009; Belasque *et al.*, 2009; Su *et al.*, 2008), lo que tendería a sobreestimar la condición regional del HLB. Si bien, idealmente, el modelo debería considerar una integración regional, intra-regional y parcela; en este trabajo,

cuidando la calidad de los datos disponibles, se decidió realizar el análisis únicamente a nivel de región.

Los datos empleados para alimentar el modelo regional se obtuvieron de la interpretación grafica de mapas de dispersión del HLB a nivel de municipios con presencia (o ausencia) de la enfermedad en Sao Paulo, Brasil y Florida, EU. Para el caso de Brasil, los mapas disponibles correspondieron a los periodos 2004-2006 y 2008-2009, de los cuales se estimó el número total de municipios infectados por año (www.fundecitrus.com.br/home/default.aspx); mientras que para Florida, los mapas fueron del periodo 2005-2008 (Irey, 2009), e incluyeron el número de condados infectados por año. Una vez identificados los municipios o condados con presencia de la enfermedad, se calculó el porcentaje de incidencia de los afectados de donde se generó la gráfica temporal de la Figura V.6. Para los años faltantes (2007 y 2010 en Brasil y 2009-2010 en Florida) se calculó la incidencia mediante la exploración e interpolación gráfica, sin afectar la forma de la curva, y buscando incrementar los grados de libertad para el ajuste de los modelos estadísticos.

Figura V.6 Progreso epidémico del HLB a nivel regional²⁴



La forma de la curva sugirió la inclusión del modelo de Weibull, aunque también se probaron modelos que consideraran la presencia de una asíntota superior como el logístico y Gompertz. Cuando fue necesario se realizó el ajuste por Y_{max} (Mora et al., 2010), utilizando los modelos siguientes en su versión no lineal (Mora et al., 2010; Jesus Junior et al., 2004):

a) Modelo Weibull

$$y = 1. - \exp (-((t/b)^c))$$

²⁴ Fuente: autores con datos publicados. La incidencia representa municipios con presencia de HLB indistintamente del nivel de severidad

b) Modelo Logístico

$$y = 1 / (1 + ((1-y_0)/y_0) \exp(-r_1 t))$$

c) Modelo Gompertz

$$y = \exp(-(-\log(y_0)) \exp(-k_G t))$$

d) Modelo Monomolecular

$$y = 1 - (1-y_0) \exp(-r_M t);$$

Con fines de simplificación y debido a la precisión de ajuste ($>R^2=0.99$), en este trabajo se optó por emplear los resultados del modelo de Weibull, con lo cual eventualmente se podrían ajustar procesos epidémicos de otros niveles de integración espacial (intraregional y parcela) con formas de curva diversa, permitiendo la integración de un solo modelo en el cálculo de la incidencia del HLB. Además, por la estructura de los datos y de acuerdo a los resultados de los análisis exploratorios, el Modelo de Weibull resultó ser el más adecuado.

V.2.7. La cuantificación de pérdidas de producción bajo los escenarios de riesgo establecidos

El proceso seguido consistió de los siguientes pasos:

1. Con base en la *matriz primaria* integrada a nivel municipal, se contabilizó el total de municipios por entidad federativa, incluyendo la variable estado en la *matriz base* integrada.
2. En la *matriz base* se programaron los dos modelos de Weibull resultantes de los escenarios regionales de Brasil y Florida, y con base en la tasa epidémica ($1/b$) y el valor de Y_{max} se consideró a la epidemia de Florida como la de mayor intensidad; sustituyendo los parámetros estimados de B y C en la ecuación de arriba.
3. Se estimó la incidencia (Y) de municipios con HLB por entidad federativa y por especie cítrica a diferentes horizontes de tiempo (t), asignando para la variable t valores de 12, 36 y 60, los cuales corresponden a las unidades mensuales de tiempo correspondientes a proyecciones de pérdidas para 1, 3 y 5 años. El resultado del modelo (incidencia en proporción) se multiplicó por el número de municipios por entidad federativa para estimar aquellos con presencia de HLB en los distintos horizontes de tiempo. Se consideró un horizonte máximo de 5 años a fin de no exceder los escenarios de tiempo del ajuste original de los modelos, y tomando en cuenta la información publicada de que entre los 5 y 8 años se puede tener una indicación del impacto epidémico de *C. Liberibacter* (Irey, 2009; www.fundecitrus.com.br/home/default.aspx).
4. Se calculó la producción promedio (toneladas) por municipio de cada entidad federativa y por especie cítrica, dividiendo la producción cítrica del estado entre el total de

municipios, a fin de estimar la producción correspondiente a los municipios (Y) que potencialmente podrían presentar el HLB.

5. Las categorías de riesgo epidémico por especie cítrica (Figura V.5) se emplearon para definir el modelo epidemiológico a aplicar en la estimación del nivel de incidencia de municipios con HLB para cada entidad federativa. Así, se tomaron los valores (Y) de Brasil como escenario de riesgo bajo y los de Florida para moderado y alto dado; por ejemplo, para el caso de naranja, Veracruz quedó categorizada bajo alto riesgo, aplicándole el modelo correspondiente a las condiciones de Florida. Lo anterior es válido bajo el enfoque de epidemiología comparativa y dada la ausencia de datos sobre epidemias endémicas en México.
6. Finalmente, se determinó la pérdida potencial por categoría de riesgo (bajo, moderado y alto) para los valores de t, de acuerdo a la modificación propuesta con los resultados de Bassanezi y colaboradores (2009).

Los resultados de pérdidas potenciales a uno, tres y cinco años posteriores al ingreso y establecimiento del patógeno en el país se presentan en el Cuadro V.6 y en el Cuadro V.7. Los cuadros representan las pérdidas porcentuales en producción de los cítricos en un ciclo anual, asumiendo que los árboles enfermos continúan en un esquema productivo bajo condiciones agronómicas convencionales, sin esquemas de control del vector ni de erradicación de la enfermedad. Los niveles de riesgo epidémico se categorizan en bajo, moderado y alto, después del ingreso y establecimiento de *C. Liberibacter* en territorio mexicano, los cuales generan niveles de pérdida de producción no lineales (geométricos) debido al modelo de temporalidad epidemiológico asumido.

Como se observa en el Cuadro V.6, frente a un riesgo a nivel nacional donde concurrirían en tiempo entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado de pérdida sobre la producción total de cítricos respecto al HLB sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 41% (casi 3 toneladas de fruto) a cinco años.

Cuadro V.6 . Pérdidas potenciales de producción promedio de cinco especies cítricas frente al HLB.

Pérdidas potenciales		
Al año	Toneladas	Porcentaje de la producción
1	1,010,655	14%
3	1,740,375	24%
5	2,975,546	41%

Finalmente, desagregando las pérdidas por especie citrícola en los tiempos y niveles de riesgo epidémico (Cuadro V.7), la pérdida en producción en términos de volumen, a cinco años de establecida la enfermedad (*C. Liberibacter* y suponiendo que no se tomaran acciones de control o erradicación, sería mayor para naranja, toronja y limón mexicano. Por ejemplo, la pérdida para naranja sería de 434,854 toneladas bajo un escenario de riesgo bajo, de 1.5 millones de toneladas frente a riesgo moderado y de 2 millones de toneladas bajo riesgo alto.

Cuadro V.7 Pérdidas potenciales de producción por especie citrícola

Pérdidas potenciales a cinco años de establecido el patógeno.			
Especie	Toneladas bajo niveles de riesgo		
	Bajo	Moderado	Alto
Limón mexicano	50,643	142,645	210,289
Limón persa	31,287	44,397	182,066
Limón italiano	789	5,505	22,384
Naranja	434,854	1,491,120	1,963,064
Mandarina	2,544	10,777	60,303
Toronja	42,542	82,409	259,601
Total cítricos	562,659	1,776,853	2,697,707



VI. EVALUACION DE LOS IMPACTOS ECONOMICOS DEL HLB (GREENING) EN LA INDUSTRIA CITRÍCOLA MEXICANA

Una vez estimados los escenarios de riesgo que traería consigo la enfermedad del HLB a la producción primaria de los cítricos, el siguiente objetivo fue realizar un análisis de sensibilidad que considerara dichos riesgos en la evaluación de impactos a la etapa industrial citrícola del país, en donde diferentes tipos de empresas agregan valor a los frutos frescos.

VI.1. Metodología

La metodología utilizada en la cuantificación de los impactos a nivel agroindustria consistió en las siguientes etapas: 1) la identificación de las características de la agroindustria; 2) la determinación y búsqueda de información requerida sobre la agroindustria que permitiera cumplir con el objetivo planteado; 3) la definición de un cuestionario para recabar la información no disponible; 4) el diseño de un muestreo estratificado que permitiera seleccionar a los estados y empresas por encuestar; 5) la aplicación de los cuestionarios a las empresas industrializadoras de cítricos para capturar la información requerida, y 6) la generación de los indicadores técnicos con base en los datos obtenidos de 2008. Con estos últimos y tomando en cuenta los escenarios de riesgo de pérdida de cítricos a nivel producción primaria (presentados en el capítulo V), se cuantificaron los impactos que traería consigo la enfermedad del HLB a la agroindustria mexicana (Figura VI.1).

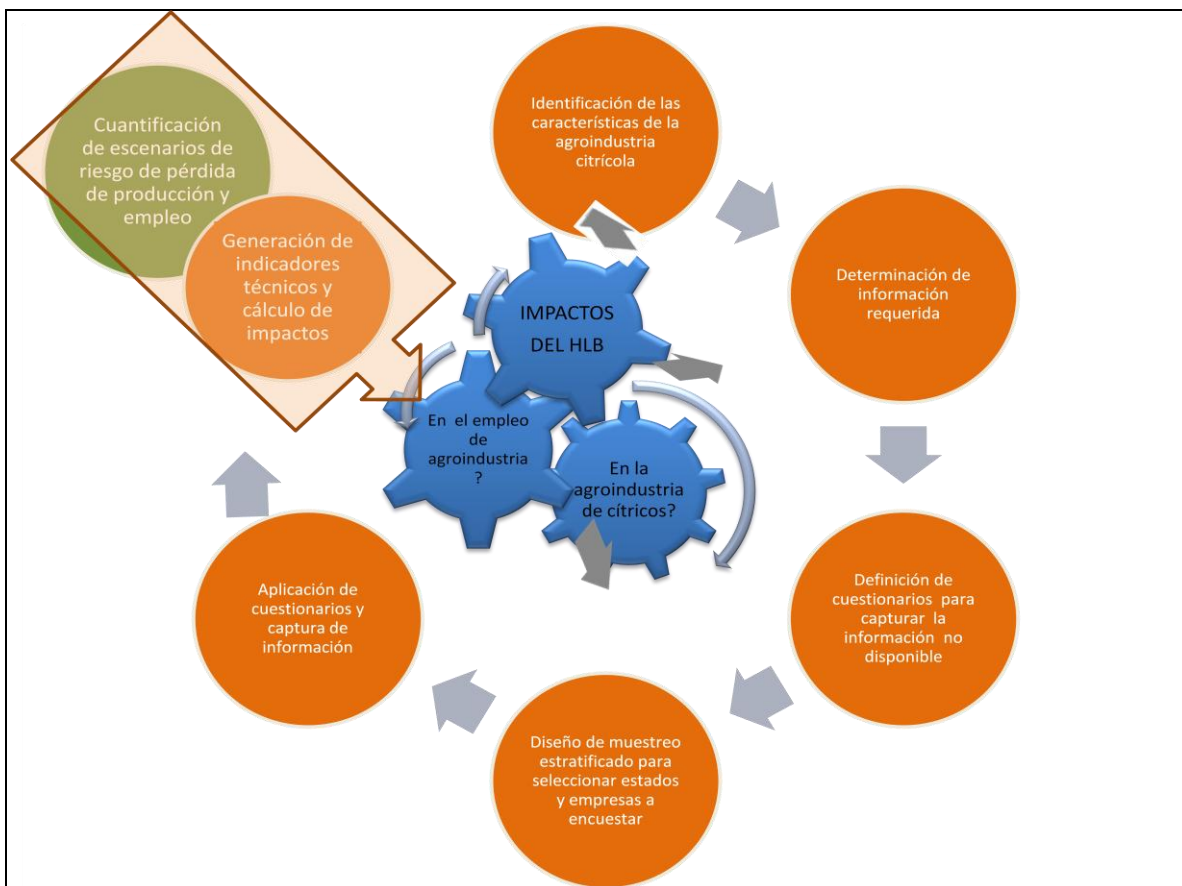
VI.1.1. Características de la agroindustria citrícola nacional

Para México, tanto la producción como el procesamiento y las exportaciones de cítricos son de gran importancia económica y social. Según datos de SAGARPA, en 2008 se cosecharon alrededor de 540 mil hectáreas de cítricos que generaron 7.4 millones de toneladas con un valor de 9,838 millones de pesos. En superficie cultivada destaca Veracruz con un 42% (30 % del valor de la producción); San Luis Potosí, con 9% de la superficie y 4% del valor; Tamaulipas, 8% (10% del valor); Michoacán, 8% (9% del valor); Nuevo León 6% (5% del valor); y Colima 5% de superficie con 19% del valor de la producción. Citrofrut estimó que 2003 existían alrededor de 65 mil productores dedicados al cultivo de cítricos en el país y cerca de 50 mil empleos permanentes anuales generados (requiriéndose tan sólo en la cosecha más de 5 millones de jornales, equivalentes a alrededor de 16 mil empleos permanentes al año).

La agroindustria juega un papel importante en la adición de valor y preservación de la calidad del producto, además de la mano de obra que genera mediante sus procesos. De acuerdo con información de la FAO (2007), México destina al procesamiento de cítricos menos del 15% del total de

su producción nacional, destacando por orden de importancia la naranja, el limón verdadero (*Citrus lemon*, L.) y el limón agrio; en menor medida se procesa toronja y mandarina. México, exporta principalmente en fresco el limón persa cuyo principal destino es Estados Unidos. Se estima que existen más de 200 empacadoras o beneficiadoras de fruta fresca y 25 plantas procesadoras, las cuales destinan su producción al mercado interno y a la exportación.

Figura VI.1 Metodología seguida en la cuantificación de impactos a la agroindustria.



A través de la exportación, México captó 505 millones de dólares en 2008, destacando por su importancia los jugos que aportaron el 48% del valor total, la fruta fresca 35%, los aceites esenciales el 11%, las pectinas 3% y el resto las cascarás deshidratadas y otros (SIAP-SAGARPA, 2009). Los 505 millones de dólares representaron el 3% de las exportaciones agroalimentarias.

Por lo anterior, el ingreso y establecimiento de la enfermedad del HLB en México tendría impactos económicos no solamente en la actividad productiva primaria de los cítricos, sino también en la agroindustrial y empresas relacionadas. Según Sparks (2008), una infestación de la enfermedad del 5% puede afectar el 20%, 40% y hasta 80% de la producción cítrica en un periodo de cuatro años, con el riesgo de que en Florida pierda alrededor de 9,300 millones de dólares y 76 mil empleos; mientras que de acuerdo al "Center for North American Studies, Department of Agricultural Economics, Texas A&M University" (2007), los impactos económicos directos al productor de cítricos se multiplican por 2 hacia otros sectores relacionados en forma directa e indirecta, pudiéndose

reducir el valor de la producción un 20% después de 2 años de infestación y hasta en 60% al cabo de 5 años, afectando con ello 688 empleos directos en campo y 162 indirectos en la industrias y servicios relacionados con la citricultura del estado de Texas.

VI.1.2. Información requerida

Para el análisis de la agroindustria se consideró tanto la información oficial publicada como la obtenida directamente de las empresas empacadoras, cepilladoras, enceradoras, comercializadoras y procesadoras de cítricos, mediante una encuesta basada en un muestreo probabilístico. A partir de la información publicada se obtuvieron datos de producción, procesamiento, consumo interno y exportaciones de cítricos frescos y algunos procesados para el periodo 2000-2008, a fin de identificar tendencias y vislumbrar los escenarios a mediano y largo plazo, aunque no existe información disponible al nivel de detalle que se requería; por ejemplo, los censos industriales que publica el INEGI sólo manejan información agrupada para los subsectores que elaboran concentrados polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos, donde ubica a los jugos o concentrados de naranja.

Los datos capturados durante la encuesta correspondieron al año de 2008 y los parámetros de interés asociados a la agroindustria cítrica mexicana se estimaron tomando como base los resultados del muestreo probabilístico estratificado.

VI.1.3. Definición del cuestionario

Se diseñó un cuestionario para obtener la información requerida para el análisis de sensibilidad, el cual se aplicó, mediante la encuesta, a las empresas y estados representativos. La información a obtener incluyó cifras sobre:

- Los costos/precios de materias primas (cítricos frescos como naranja, limón, toronja y mandarina).
- Cantidad y costo de insumos, servicios y personal ocupado en la etapa de procesamiento (tanto operativo como administrativo).
- Materiales para envase, empaque y embalajes.
- Volúmenes y valores de los productos procesados.
- Exportaciones de los frescos con valor agregado (ej. limón persa cepillado) y los industrializados como jugos simples y concentrados, aceites esenciales, cáscara deshidratada y pectinas.
- Capacidad instalada y utilizada de las empresas agroindustriales.
- Costos de transporte (tanto de materia prima como de producto terminado) y de energía.

VI.1.4. Diseño del muestreo estadístico

Con base en la importancia que tienen los estados del país en la producción y procesamiento de los cítricos, se identificó la ubicación espacial de los estados productores e industrializadores de los mismos, estratificando mediante muestreo probabilístico a los más representativos en cuanto a volumen de producción y procesamiento, definiendo como representativos para aplicar la encuesta a las empresas emparadoras y plantas procesadoras de Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Colima y Michoacán. En los estados de la región Golfo se localiza la producción y procesamiento de naranja, limón persa, limón verdadero o italiano, mandarina y toronja; mientras que en los estados del Pacífico de limón agrio o con semilla (también conocido como limón mexicano).

Dado que los resultados del presente análisis sirvieron para corroborar y especificar los datos en la matriz insumo producto, NAID-IMPLAN, sobre las relaciones establecidas entre los diferentes sectores de la economía mexicana con el sector primario y, en particular, con el citrícola, dichos frutos se agruparon en dulces (naranjas, mandarinas y toronjas) y agrios (limones con semilla, persa e italiano) para facilitar el análisis de la cadena citrícola en su conjunto.

De acuerdo con el cuadro Cuadro VI.1, el estrato I lo representaron los cítricos agrios y el II, los cítricos dulces.

Cuadro VI.1 Estratos utilizados en el muestreo probabilístico.

Estrato	Tipo de cítrico
I	Agrio
II	Dulce

La unidad de muestreo quedó representada con las agroindustrias que procesan cítricos de alguno de los dos tipos indicados, y el marco de muestreo consistió en un conjunto de $N=180$ agroindustrias, cada una de las cuales pertenece a uno, y sólo uno, de los dos estratos.

El cálculo del tamaño de muestra se efectuó utilizando información de la variable “capacidad de proceso instalada por día de la agro-industria” (t/día). Con una precisión y confiabilidad respectivas de $d = 10\text{Ton/día}$ y $1 - \alpha = 0.95$, y estimación de la varianza de $\sigma^2 = 1740(\text{Ton/día})^2$, el tamaño de muestra mínimo que satisfizo el requerimiento:

$$P(|\xi - \hat{\xi}| > d) \leq \alpha, \text{ es } n = 49 \approx 50.$$

donde, ξ , representa el parámetro y $\hat{\xi}$ se refiere al estimador de tal parámetro.

De acuerdo con lo anterior fue suficiente muestrear 50 agroindustrias para obtener los niveles de precisión y confiabilidad indicados.

El número de unidades muestreadas en cada uno de los dos estratos se muestra en el cuadro Cuadro VI.2. Las dos unidades adicionales a las mínimas requeridas se muestrearon por conveniencia para el estudio y facilidad operativa en el trabajo de campo.

Utilizando las expresiones para los estimadores de totales y/o promedios respectivos se calcularon las estimaciones de las variables de interés.

Cuadro VI.2 Tamaño de la muestra por estrato.

Estrato	Número de unidades muestreadas
I	30
II	22

VI.1.5. Aplicación del cuestionario e información capturada

La información capturada de las encuestas fue validada y depurada para evitar faltantes o incongruencias y facilitar el cálculo de los indicadores necesarios para estimar las pérdidas potenciales y cuantificar los indicadores técnicos del acondicionamiento y/o transformación relacionados con la materia prima procesada; los productos obtenidos y precios de venta.

De la información obtenida se deduce que la agroindustria de los cítricos en México está conformada por los procesos de acondicionamientos de los frutos frescos, la extracción de jugos y aceites esenciales, la deshidratación de la cáscara y la obtención de pectina a partir de la cáscara. A los productos generados se les dan diferentes usos, desde la elaboración de bebidas refrescantes con los jugos y concentrados; ingredientes de refrescos que se obtienen de los aceites esenciales; insumos para perfumería, fragancias y productos de limpieza a partir de los aceites esenciales; y pectinas para la elaboración de jaleas, mermeladas y “yoghurts” dietéticos o “light”. Con el auge de los productos dietéticos alimenticios, las pectinas han tenido un incremento de demanda muy significativo.

La dinámica de la producción agrícola responde a la demanda de las frutas y sus derivados en el mercado nacional e internacional. Las diferentes especies de cítricos son demandadas por los mercados en presentaciones diversas; por ejemplo, el limón persa se destina principalmente a la exportación (a Estados Unidos) como fruto fresco, mientras que el limón con semilla o mexicano se consume en fresco en el mercado nacional y también se procesa en jugo y aceite esencial, estos últimos se comercializan tanto en el país como en el exterior. Los cítricos dulces (naranja, toronja y mandarina) se consumen, en su mayoría, como frutas frescas en el mercado nacional y, en menor medida, van a procesamiento industrial para la obtención de jugos, aceites esenciales y cáscaras deshidratadas. El principal destino del limón italiano es el procesamiento, aunque tiene grandes perspectivas de exportación en fresco porque es la especie más comercializada en el mercado internacional.

Con base en la información obtenida, se estimaron los costos de los insumos, el valor los productos, los costos de transporte de materias primas y productos, así como los empleos directos generados para toda la agroindustria. Para facilitar el análisis de los costos y el valor de los productos, estos se refirieron a una tonelada de materia prima, tanto de cítricos dulces como de cítricos agrios. Con los datos de 2008 se evaluaron los costos de los insumos (materias primas; envases plásticos, de madera, metálicos y de papel; de la energía; y de los combustibles, entre otros), se cuantificó el valor de los productos procesados (fruta envasada, jugos, aceites esenciales, cáscara deshidratada, etc.) y se estimó la cantidad y costo de la mano de obra directa (utilizada en la agroindustria) así como los costos de transporte de la materia prima y de los productos terminados.

VI.2. Producción y destino de los cítricos

Como se muestra en el Cuadro VI.3, la producción de cítricos dulces en 2008 fue de 4,845 miles de toneladas, siendo la naranja el fruto más representativo de este grupo de cítricos con una participación del 87%, seguida de la toronja con 8% y en menor medida la mandarina y lima. De los cítricos cosechados y comercializados es común una merma del 10%, aunque en el proceso completo hasta el consumidor final el porcentaje puede ser mayor. Se identificó que el 23% de los cítricos dulces se procesa en jugos y gajos, mientras que el resto (67%) se comercializa en fresco.

Cuadro VI.3 Producción y destino de los cítricos dulces en 2008²⁵.

Cítricos dulces	Producción (ton)	Destino de la producción			
		Mermas	Venta a granel	Acondicionamiento	Industria
Lima	13,970	1,397	4,191	3,382	5,000
Mandarina	221,652	22,165	66,496	127,891	5,100
Naranja	4,234,278	423,428	1,270,283	1,491,018	104,959
Toronja	375,390	37,539	112,617	159,234	66,000
Total cítricos dulces	4,845,290	484,529	1,453,587	1,781,525	1,125,649
	100%	10%	30%	37%	23%

Por lo que respecta a los cítricos agrios, su producción en 2008 fue de 2 millones de toneladas, siendo el limón mexicano o con semilla el que aportó el mayor volumen, 1.28 millones de toneladas, equivalentes al 64%; seguido por el limón persa y en menor medida el limón italiano. El destino de la producción de limón mexicano es, en primera instancia, los empaques que procesan un 56%, la agroindustria que transforma el 20% y los compradores a granel que absorben el 13% restante (Cuadro VI.4).

²⁵ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.

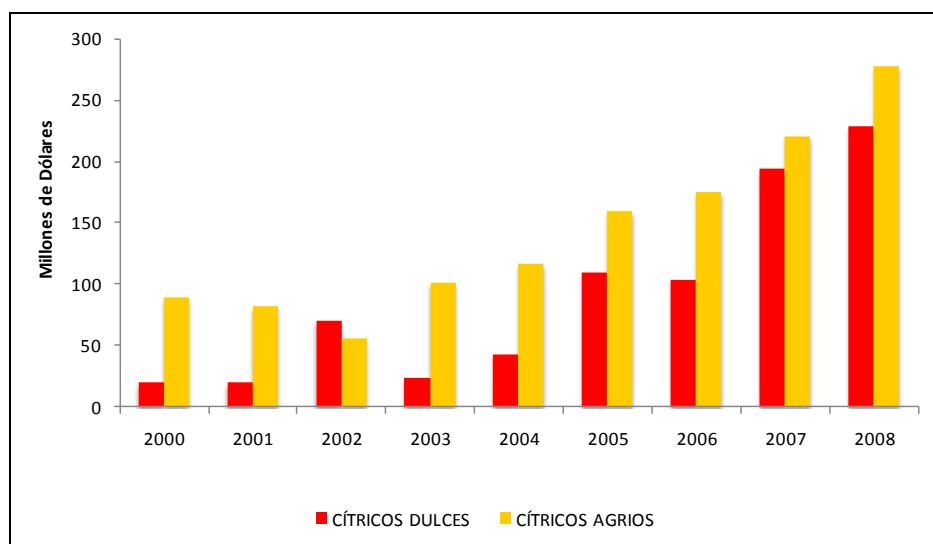
Cuadro VI.4 Producción y destino de los cítricos agrios en 2008.²⁶

Cítricos agrios	Producción (ton)	Destino de la producción			
		Mermas	Venta a granel	Acondicionamiento	Industria
Limón Mexicano	1,277,858	127,786	255,572	3594,501	300,00
Limón Persa	654,855	68,485		523,884	65,485
Limón Italiano	468,490	6,849		14,226	47,415
Total cítricos agrios	2,001,203	200,120	255,572	1,132,611	412,900
	100%	10%	13%	56%	21%

VI.3. Mercado de los cítricos y sus derivados

El destino principal de los frutos cítricos es el mercado nacional para consumo en fresco, siguiéndole en importancia las exportaciones de los productos procesados como los jugos concentrados congelados, aceites esenciales y pectinas, así como el limón mexicano en fresco cuyos principales mercados son Estados Unidos, Francia y Japón. En la Figura VI.2 se observa el comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos frescos y sus derivados durante el periodo 2000-2008, destacando la tendencia creciente de los cítricos agrios a partir de 2002, y un marcado incremento en el de los dulces en los últimos años (34% anual promedio durante el periodo).

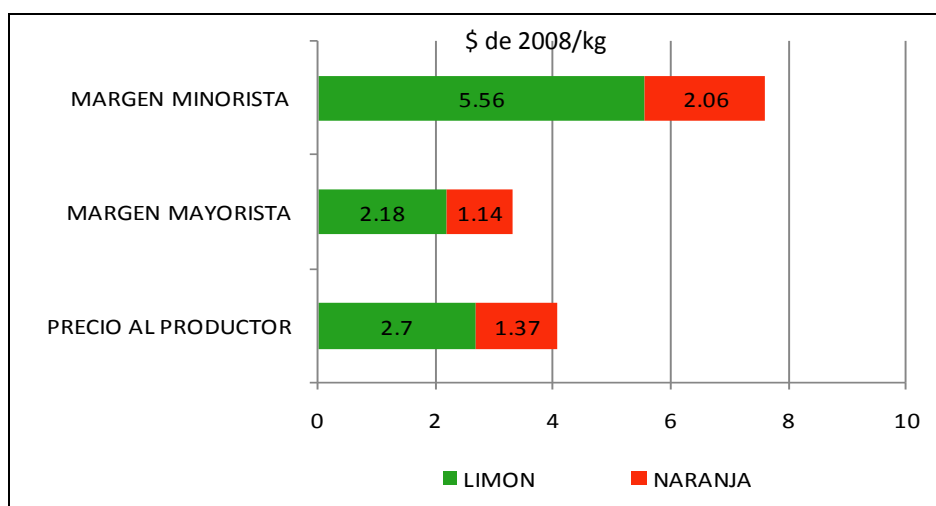
Figura VI.2 Comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos y sus derivados.



Los precios promedio de venta en las centrales de abasto mexicanas en 2008 fueron más bajos para naranja que para el limón mexicano de alta calidad. Los márgenes de comercialización del limón agrio o mexicano también superaron los de naranja (Figura VI.3).

²⁶ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.

Figura VI.3 Márgenes de comercialización en el mercado nacional en 2008.



VI.4. Los procesos agroindustriales

Se identificaron 215 agroindustrias relacionadas con el acondicionamiento y procesamiento de cítricos, de las cuales 97 correspondieron a los procesos de acondicionamiento e industrialización de los cítricos dulces (naranja, toronja, mandarina y lima) conformados por cepilladoras, enceradoras y empaques; y las 118 restantes a los empaques, industrias extractoras de jugos y derivados, deshidratadoras de cáscara y plantas extractoras de pectina cítrica de las tres variedades de limón: el mexicano, persa o sin semilla, y el italiano (Cuadro VI.5).

Aunque a la fecha existen compradores de naranja y limón mexicano a granel en las zonas de producción; es decir estos cítricos se comercializan sin ningún tipo de acondicionamiento, los procesos de adición de valor en la industria cítrica mexicana están presentes desde el simple cepillado hasta los más complejos como la obtención de pectina cítrica. A continuación se describen los procesos agroindustriales más empleados.

Cepillado: Este proceso de acondicionamiento de cítricos dulces, principalmente de naranja, consiste en hacer pasar los frutos por unos cepillos para limpiarlos y pulirlos, dándoles una mejor presentación, aprovechando la cera natural del fruto.

Encerado: Consiste en adicionar una cera grado alimenticio a los cítricos dulces para reducir la deshidratación del fruto y darle una mejor presentación. Después del cepillado y encerado los frutos se manejan generalmente a granel, separando con tablas las capas de frutos en las cajas de los vehículos que transportan los cítricos a los centros de abasto (generalmente "Torton" o "Trailer" con capacidades de 16 a 30 toneladas).

Cuadro VI.5 Empacadoras e industrializadoras de cítricos en México.²⁷

Concepto	Colima	Michoacán	Veracruz	Nuevo León.	Tamaulipas	Otros	Total
Empaque limón con semilla.	19	26				4	49
Empaque limón sin semilla.	1		42			4	47
Empaque de limón italiano.					2	1	3
Acondicionamiento de naranja, toronja,		1	63	9	8		81
Industrias de limón mexicano.	6	6				2	14
Deshidratadora de cascara.	1	1	1				3
Extracción de pectinas cítricas.	1						1
Industrias de naranja.			3	4	2	3	12
Industrias de naranja gajeras.			1	3			4
Industrias de limón italiano.						1	1
Total	28	34	110	16	12	15	215

Fuente: Elaboración propia con datos de las encuestas realizadas en 2009.

Empaque: A diferencia del cepillado y encerado, el empaque lo realizan empresas más formales que generalmente agregan otro valor al cítrico, estando conformada cada línea de proceso por tolvas de recepción de frutos, selección, lavado, secado, encerado y envasado. Algunas empacadoras cuentan también con laboratorios de control de calidad y sistemas de pre-enfriamiento para conservar la calidad del producto. Los envases que comúnmente emplean las empacadoras son cajas de madera, de plástico, de cartón así como arpillas de plástico.

Extracto de jugos y aceites: Estos procesos de manufactura son más complejos e implican la utilización de equipo y operaciones especializadas en la obtención de jugos, aceites esenciales, cáscara fresca y deshidratada. De los cítricos dulces (naranjas, mandarinas, toronjas) se obtienen jugos concentrados, jugos simples, aceites esenciales y cáscara deshidratada; mientras que de los cítricos agrios (limón mexicano, limón italiano y limón persa) se generan aceites esenciales destilados y centrifugados, jugo concentrado y cáscara fresca o deshidratada.

Deshidratación de cáscara: Varias de las plantas extractoras de jugos y aceites tienen integrado el proceso del secado de cáscara. Se identificaron tres plantas que realizan la deshidratación de cáscara, dos de las cuales también extraen pectinas; estas agroindustrias compran cáscara fresca de otras plantas para complementar su abastecimiento. El proceso de deshidratación incluye la eliminación de impurezas y azúcares mediante varios lavados de la cáscara, escurrimiento y prensa para reducir su contenido de agua y finalmente pasa al deshidratador, el cual es, generalmente, de tipo tambor rotatorio.

Extracción de pectinas: Este es un proceso especializado consiste de extraer la pectina de la cáscara del cítrico. En la primera etapa se extrae una solución concentrada de pectina de la cáscara del limón mediante el control del pH y la temperatura; en la segunda, se le eliminan los iones metálicos a dicha

²⁷ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.

solución, antes de realizar la precipitación con etanol; en la tercera, se separa el etanol de la pectina precipitada, recuperándolo para su reutilización; y finalmente en la cuarta, se deshidrata y reduce de tamaño para venderla en diferentes presentaciones y calidades dependiendo del destino a que vaya dirigida, el cual puede ser la industria alimentaria o la farmacéutica.

VI.4.1. La clasificación de actividades industriales involucradas

De acuerdo con la Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN en español o NAICS en inglés), publicada por el INEGI en 2008, las cepilladoras, enceradoras y empacadoras de cítricos se ubican dentro del sector de “actividades primarias”, con el número de clasificación 115113, correspondiente al beneficio de productos agrícolas (en Estados Unidos de Norteamérica el número de clasificación es 115115). La mayoría de las agroindustrias relacionadas con el procesamiento de los derivados de los cítricos se clasifican como industria alimentaria (311) a excepción de las que extraen aceites esenciales que se clasifican dentro de la industria química (325).

Con relación al origen de los insumos que utiliza la agroindustria, se encuentra principalmente el sector primario, de donde proviene la materia prima o cítricos frescos (1113); el sector manufacturero en el abastecimiento de envases de madera (321), de cartón (322), de plástico (326), metálicos (332), así como de ceras y detergentes (325); el sector servicios en el abastecimiento de energía (221), agua (222), combustibles (324), transporte terrestre (484), y servicios médicos y hospitalarios (621, 622). Por otro lado, los productos generados por la agroindustria se destinan al sector primario (11), a la industria de alimentos y bebidas (311 y 312) y a la industria química (325).

VI.4.2. Los procesos de acondicionamiento

La capacidad instalada y utilizada de las plantas varía de acuerdo con la especie de cítrico y a los tipos de proceso agroindustrial que lleven a cabo. De acuerdo con la información capturada mediante la encuesta, en los empaques de limón mexicano, por ejemplo, la capacidad utilizada es del 38% al 40%, con capacidad media instalada de 35 mil toneladas anuales por empaque; mientras que en limón persa y limón italiano la utilizada está entre el 64% y 79% con media instalada de 20 mil toneladas al año. En el acondicionamiento de cítricos dulces la capacidad utilizada está en el rango del 77%-81% con capacidad media instalada de 27 mil toneladas al año por planta. La capacidad utilizada en la industria procesadora es del 40% para limón mexicano y 53% para naranja, con capacidades medias instaladas de 73 mil toneladas anuales por planta.

Por otro lado, los ingresos brutos respecto al valor del producto (IB/VP) representaron del 21% al 36% en las agroindustrias de acondicionamiento, el 30% en las plantas procesadoras de cítricos dulces y el 35% en plantas procesadoras de limón mexicano.

VI.5. Generación de indicadores técnicos y evaluación de impactos

A partir de la información capturada, tanto de fuentes publicadas como de los cuestionarios aplicados a las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) y transformadoras

(extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), se estimaron los indicadores técnicos para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008. Los indicadores cuantificados fueron determinados a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima. También se calculó un indicador para la mano de obra directa empleada por la agroindustria, en función de las toneladas de cítrico procesadas. Los indicadores se agruparon en: 1) cítricos dulces (naranja, toronja, mandarina y limas dulces) y 2) cítricos agrios (limón mexicano o con semilla, persa e italiano).

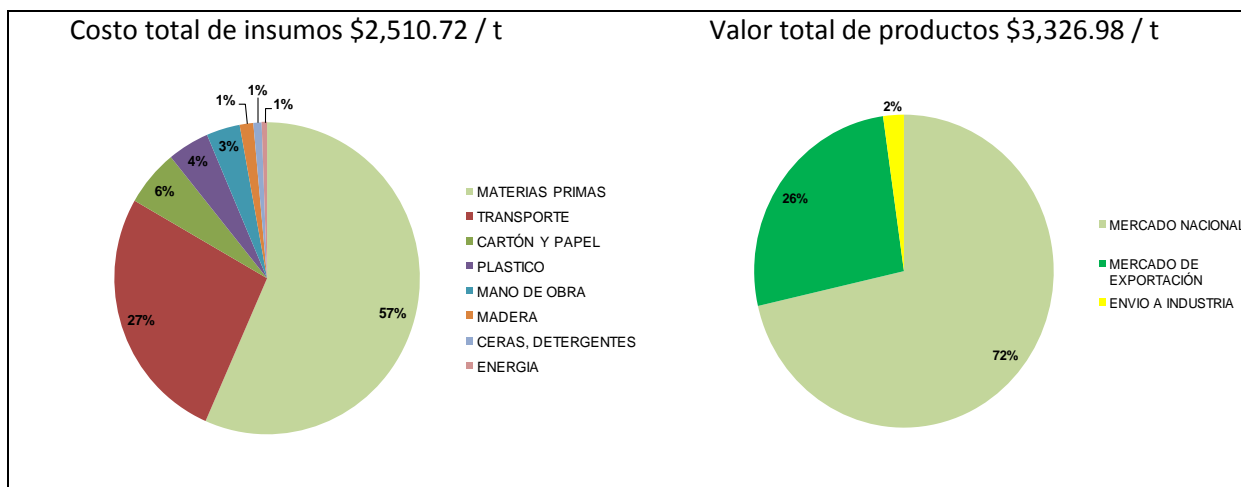
VI.5.1. Indicadores técnicos asociados a la estructura de los costos de producción y valor de los productos

Se identificó y cuantificó la estructura de costos de producción para los distintos tipos de empresas acondicionadoras y procesadoras de cítricos, distinguiendo la de los dulces de la de los agrios, referenciando el valor de los insumos y de los productos finales a una tonelada de la materia prima.

Para obtener el valor de los insumos y de los productos finales en función de las toneladas de materia prima procesada, tanto para cítricos agrios como para dulces, se sumó la materia prima procesada, el valor de cada uno de los insumos y el valor de cada uno de los productos de todas las agroindustrias encuestadas en cada subgrupo, para finalmente dividir los valores obtenidos de los insumos y los productos (a precios del 2008) entre el total de la suma de la materia prima procesada. Para obtener los costos, ingresos y pérdidas como resultado de la reducción en producción, se multiplicó la materia prima disponible o la pérdida de materia, por los indicadores técnicos obtenidos. De forma similar, para la mano de obra se obtuvo el índice de toneladas de materia prima procesada o acondicionada por empleado, el cual al dividir por la materia prima disponible, o perdida generada por el efecto del HLB, generó la mano de obra que podría perderse. En las figuras Figura VI.4 a VI.7 se muestran los valores de los insumos y los productos, así como los principales componentes con su participación relativa.

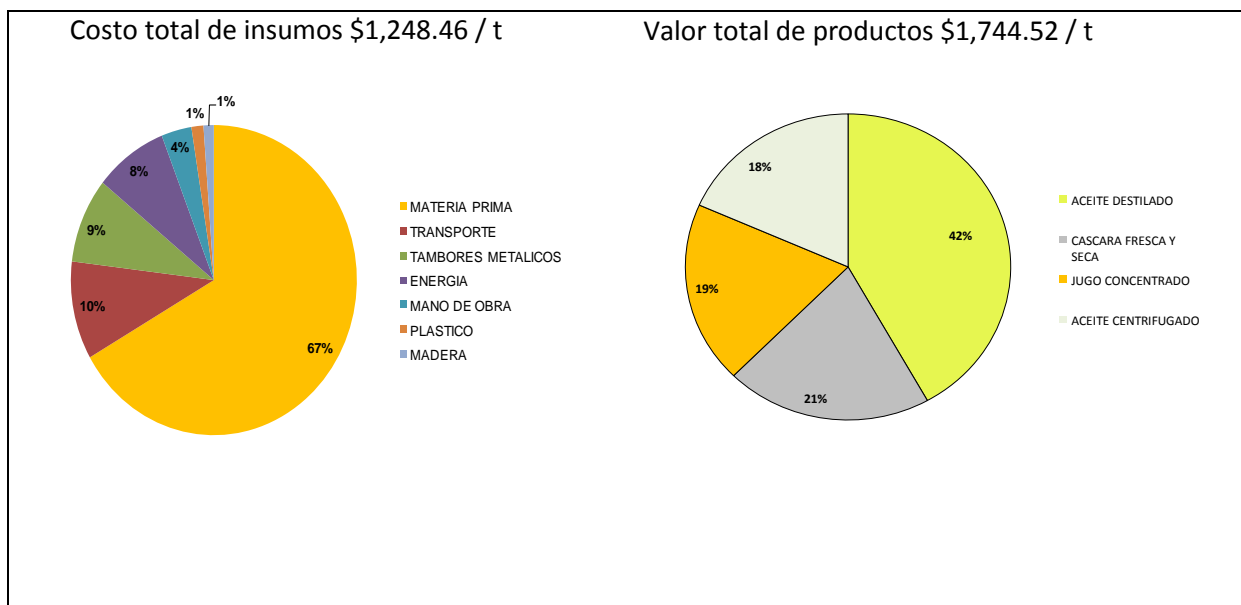
Como se observa en Figura VI.4, el costo total promedio de los insumos en 2008, para los empaques de cítricos agrios, fue \$ 2,521 por tonelada de materia prima empacada; de este total, el 57% correspondió a la materia prima (los frutos frescos), el 27% al transporte, el 6% al empaque de cartón y papel y el agrupado 10% restante al empaque de plástico, mano de obra, cajas de madera, ceras, detergente, energía y combustible. Por otro lado, el valor total de los productos procesados, referenciado a una tonelada de cítricos, fue de \$ 3,327, correspondiendo el 71% del mismo a la fruta fresca destinada al mercado nacional, el 26% a la fruta fresca de exportación y el 2% restante a desechos.

Figura VI.4 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos agrios empacados en 2008.



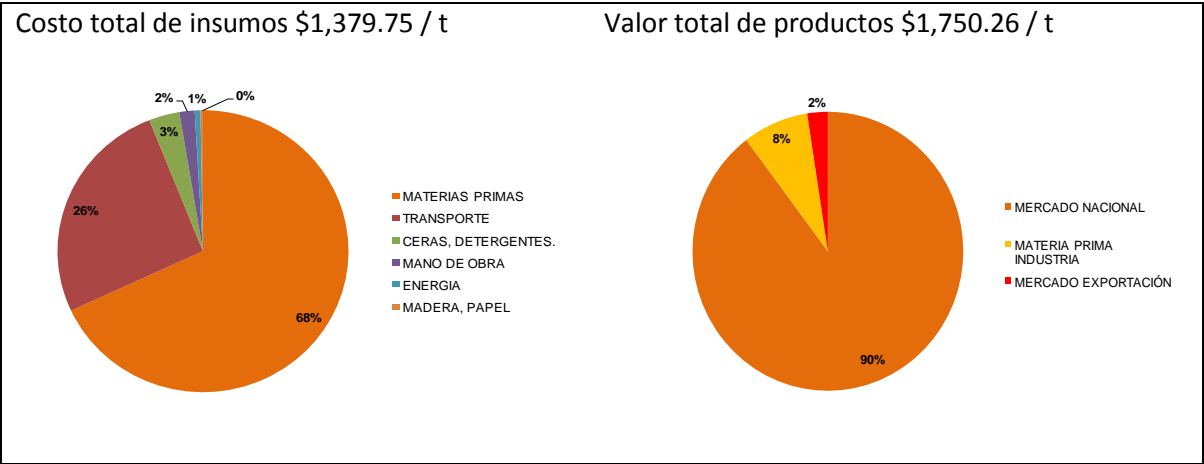
Para las industrias procesadoras de cítricos agrios el costo total de producción fue de \$1,248 por tonelada de materia prima procesada, representando la materia prima dos terceras partes del mismo, el transporte un 10%, los tambores para almacenar el jugo y el aceite 9%, la energía eléctrica y combustibles 8% y la mano de obra, plásticos y tarimas el 6% restante. En cuanto a los productos que generan estas agroindustrias, destacan por su valor los aceites esenciales (tanto destilado como centrifugado), representando el 60% de los \$1745/ton, la cáscara el 21% y los jugos el 19% restante (Figura V.1).

Figura VI.5 Estructura de costos de producción y valor de los productos cítricos agrios procesados en 2008.



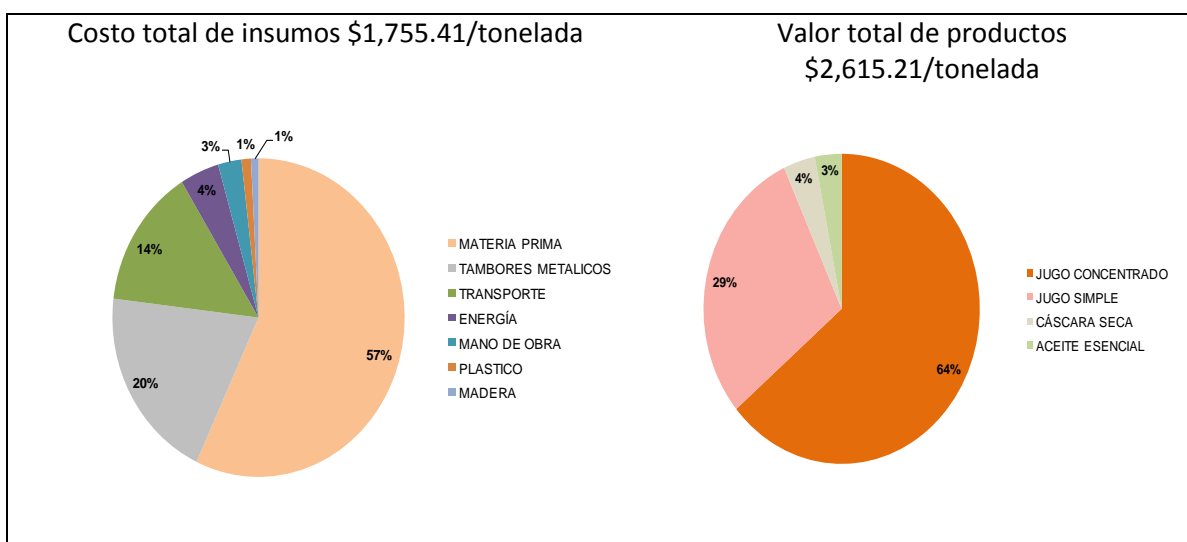
De acuerdo con la estructura de costos de producción de las plantas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) de cítricos dulces, la materia prima acondicionada representó el 68% del costo total (\$1,380 / tonelada), el transporte 26% y las ceras, detergentes, mano de obra, energía eléctrica, combustibles y envases, el 6% restante. Por otro lado, el valor total de los productos referenciado a una tonelada de materia prima, fue de \$1,750, correspondiendo el 90% a la fruta fresca destinada al mercado nacional, 8% a los cítricos dulces demandados por la industria y el 2% restante por el mercado de exportación (Figura VI.6).

Figura VI.6 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces acondicionados en 2008.



El costo de producción de las agroindustrias procesadoras de cítricos dulces fue de \$1,755 por tonelada de materia prima procesada, contribuyendo a éste con el 57% la propia materia prima, con el 20% los envases para el jugo (tambores), 14% el transporte, y con el 9% restante la energía eléctrica, combustibles, mano de obra y embalajes. En cuanto al valor de los productos que generan estas agroindustrias, referenciado a una tonelada de materia prima (\$2,615 / ton.), los jugos concentrados representaron el 64%, los jugos simples 29%, la cáscara deshidratada 4% y el aceite esencial el 3% restante (Figura VI.7).

Figura VI.7 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces procesados en 2008.



VI.5.2. Evaluación de impactos

A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto (Figura VI.6), se evaluó la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas procesadoras de cítricos agrios y cítricos dulces, así como en los empleos directos ocupados por las agroindustrias, la reducción en divisas por las exportaciones de los cítricos y sus derivados, y en los ingresos de las empresas acondicionadoras y procesadoras, al contraerse las ventas de sus productos.

Cuadro VI.6 Pérdidas potenciales de la materia prima para evaluar los impactos en la agroindustria.²⁸

Materia Prima	Escenarios de pérdida		
	Bajo	Moderado	Alto
De cítricos agrios	4%	9%	19%
De cítricos dulces	11%	33%	48%

Como se observa en el cuadro Cuadro VI.7, a tres años de establecido el HLB en territorio nacional, las pérdidas en el ingreso de la agroindustria cítrica será de 507 millones de pesos de 2008 frente a un riesgo bajo, de 1,637 millones ante riesgo moderado y de 2,517 millones bajo un riesgo alto; mientras que en divisas al reducirse las exportaciones, de 130, 404 y 645 millones frente a los tres niveles de riesgo, respectivamente. Por su parte, la pérdida de empleos será de 282, 929 y 1,396 posiciones de trabajo de tiempo completo, bajo los tres escenarios de riesgo mencionados.

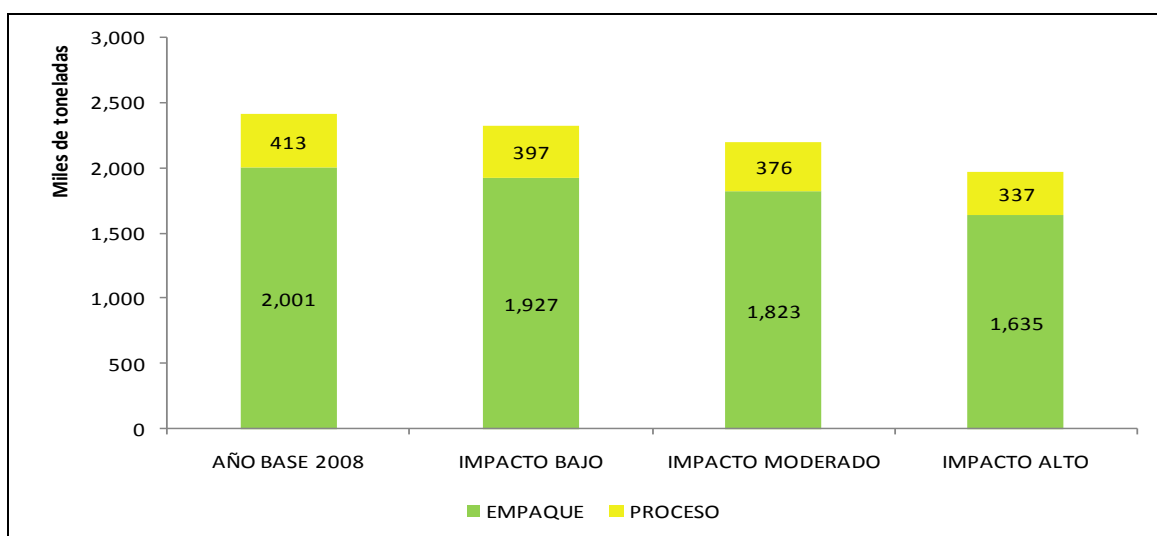
²⁸ A cinco años de establecida la enfermedad del HLB, de acuerdo con las estimaciones obtenidas de la matriz productiva-epidemiológica

Cuadro VI.7 Pérdidas en ingresos, generación de divisa y empleo en la agroindustria a 3 años de establecido el HLB.

Pérdida	ESCENARIOS DE RIESGO A 3 AÑOS		
	BAJO	MODERADO	ALTO
En ingreso (\$ millones de 2008)	507	1,637	2,517
De exportaciones (\$ millones de 2008)	130	404	645
De empleos directos (número)	282	929	1,396

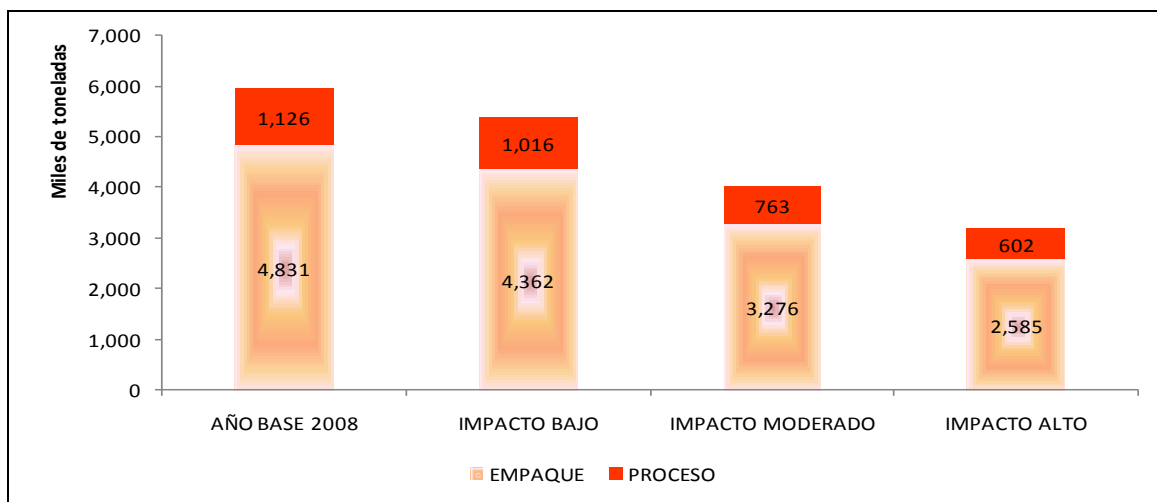
Tanto para los empaques como para las plantas procesadoras de cítricos agrios, la disponibilidad de materia prima podría reducirse de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones, a cinco años de la infestación del HLB, bajo un escenario alto de reducción en la producción de limón mexicano, limón persa y limón italiano que trajera consigo el HLB. Por ejemplo, la reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas (Figura VI.8)

Figura VI.8 . Impacto del HLB a los 5 años de establecido, en los volúmenes de cítricos agrios a procesar.



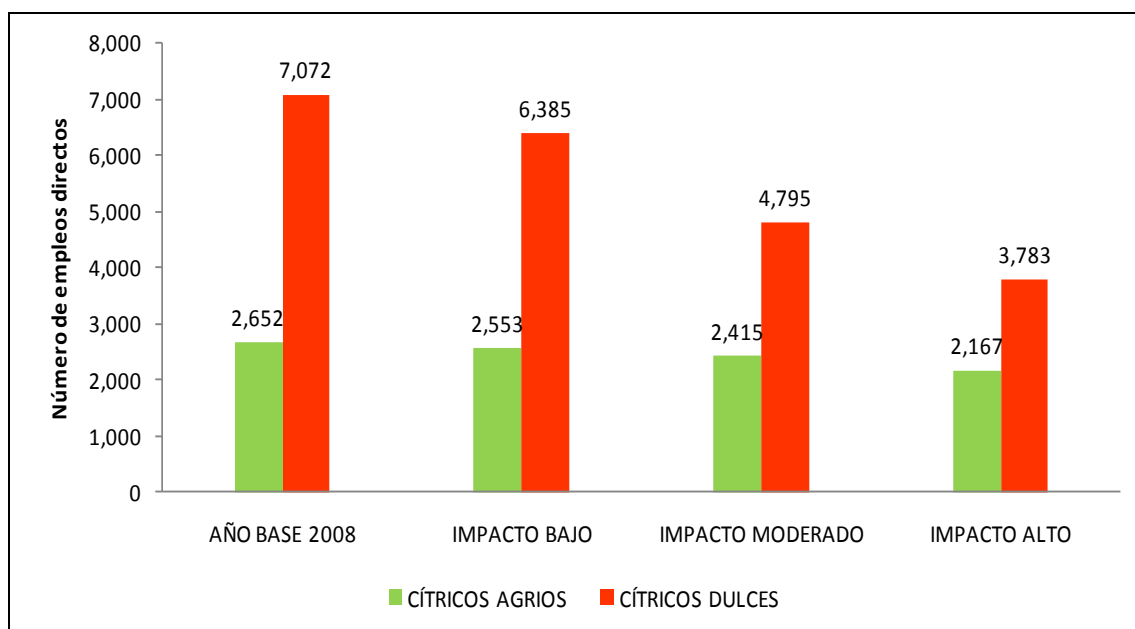
Por otro lado y de acuerdo con la Figura VI.9, la cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reducirá de 5.95 a 3.18 millones de toneladas a cinco años de establecida la enfermedad, frente a un impacto alto del HLB. La reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras de dichos cítricos.

Figura VI.9 Impacto del HLB a los 5 años de establecido, en los volúmenes de cítricos dulces a procesar.



La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima arriba mencionados, será de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios (Figura VI.10). Los empleos directos ocupados por la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas, de 7,072 en 2008 a tan solo 3,783 cinco años después del ataque del HLB; mientras que los ocupados por las empresas que manejan cítricos agrios en 485, de 2,652 a 2,167.

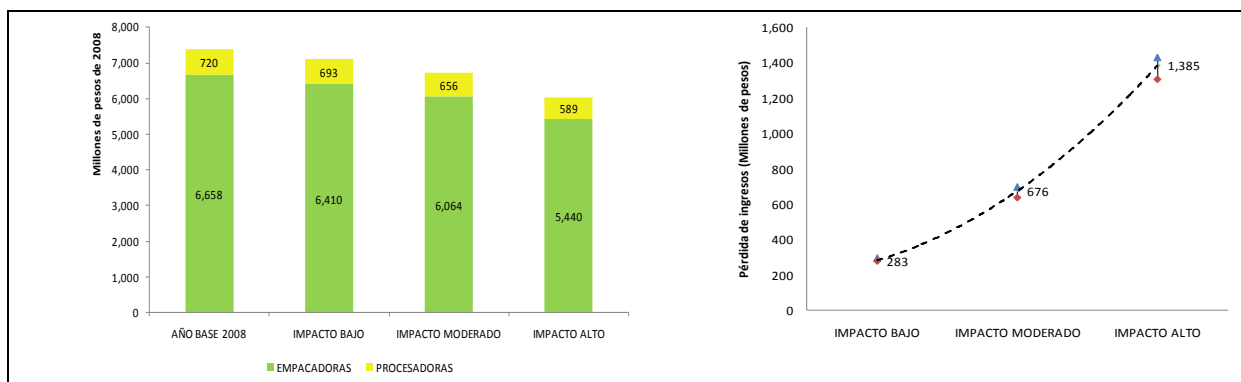
Figura VI.10 Efectos del HLB a los 5 años de establecido, en el empleo directo de las agroindustrias.



En cuanto al impacto que traería consigo el HLB en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos, de no tomarse medidas preventivas y/o de control contra dicha enfermedad, las pérdidas para las plantas de cítricos agrios serán de \$1,385 millones de pesos del 2008 bajo un

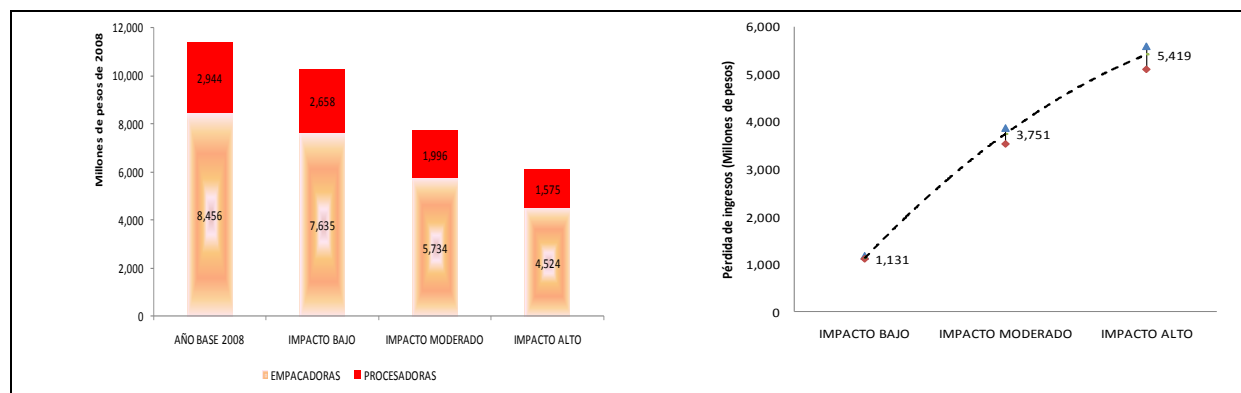
escenario de impacto alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante uno bajo; siendo el mayor impacto para las empacadoras y en menor medida para las procesadoras (Figura VI.11). Los ingresos brutos de las empacadoras se reducirían \$1,218 millones (al bajar de \$6,658 a \$5440 millones de 2008); mientras que los de las empresas procesadoras \$131 millones (se reducirían de \$720 a \$589 millones), considerando cinco años después del inicio del ataque del HLB.

Figura VI.11 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos agrios.



De acuerdo con la Figura VI.12, el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces se verá mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascenderá a \$1,131 millones frente a un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones bajo riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las empacadoras verán reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008 en presencia de un riesgo alto (al pasar de \$8,456 a \$4,524 millones), mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (al pasar de \$2,944 a \$1,575 millones).

Figura VI.12 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces.



En cuanto al impacto que traería consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, de acuerdo con las Figura VI.13 y Figura VI.14, habría una reducción en el ingreso de divisas al país, por este concepto y ante un riesgo alto, de 157 millones de dólares, equivalente a más del 30%, al pasar de 505 millones en 2008 a 348 millones, a cinco años de haber ingresado y establecido el HLB. Los cítricos dulces dejarían de ingresar divisas, mediante sus exportaciones, por

106 millones de dólares con respecto a 2008, bajo un riesgo alto, 73 millones bajo riesgo moderado y 22 millones ante riesgo bajo; mientras que los cítricos agrios por 51 millones frente a riesgo alto, 25 millones bajo riesgo moderado y 10 millones ante riesgo bajo (Figura VI.14).

Figura VI.13 Efecto del HLB a los 5 años de establecido, en la generación de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados.

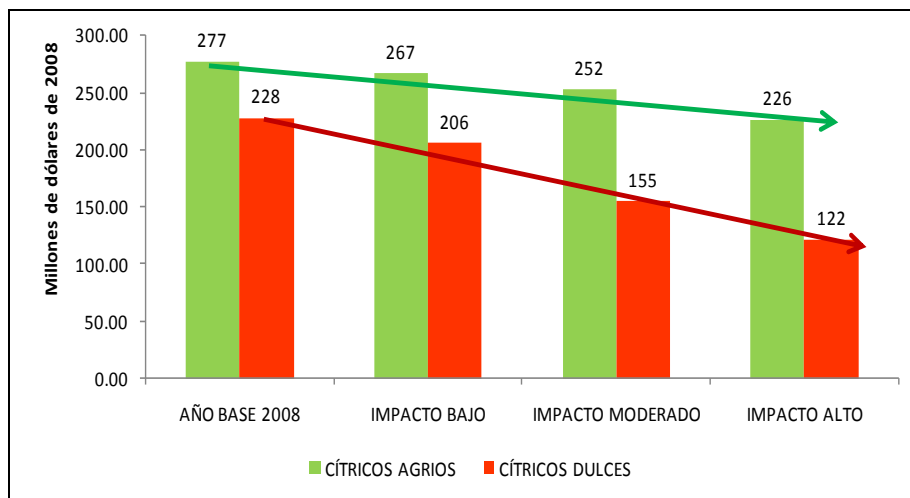
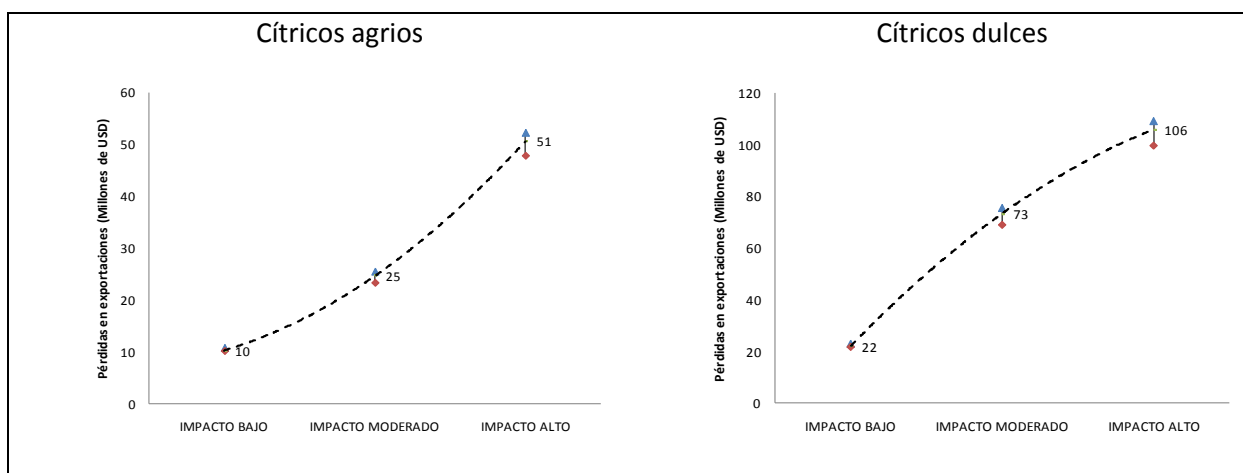


Figura VI.14 Pérdida de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados, agrios y dulces, a cinco años de establecido el HLB.



Resumiendo, las pérdidas que generaría el HLB a la agroindustria mexicana de los cítricos, a cinco años de haberse establecido en el país, andarían en el orden de los \$1,382 a \$6,651 millones en los ingresos de las plantas emparadoras y procesadoras; entre 785 y 3,773 empleos directos y; en el rango \$362 - \$1,745 millones (equivalente a 32-157 millones de dólares) las divisas por concepto de reducción en las exportaciones (Cuadro VI.8).

Cuadro VI.8 Valor de las pérdidas totales en la agroindustria de cítricos.

CONCEPTOS	VALOR DE LAS PÉRDIDAS EN MILLONES DE \$ DE 2008		
	IMPACTO BAJO	IMPACTO MODERADO	IMPACTO ALTO
Pérdidas de ingresos	1,382	4,327	6,651
Pérdidas de empleos	785	2,513	3,773
Pérdidas de divisas	362	1,093	1,745



VII. ANALISIS DE LOS IMPACTOS DEL HLB SOBRE LA ECONOMIA MEXICANA EN SU CONJUNTO

El Centro de estudios de América del Norte de la Universidad de Texas A & M (2007) reportó que después de dos años de infestación del HLB o Greening en las áreas productoras de cítricos del estado de Texas, E.U., la pérdida estimada en el valor de la producción de dichos frutos sería del 20%, equivalente a USD23.7 millones y de cerca de 400 puestos de trabajo; después de cinco años y con una reducción en el valor de la producción del 60%, la pérdida ascendería USD68.5 millones y a más de 1,000 empleos. De este informe y de los resultados de la revisión bibliográfica presentada en capítulos anteriores, resultó evidente que el impacto de una infestación significativa de esta enfermedad podría ser grave para la industria citrícola mexicana, así como para las empresas relacionadas con la cadena productiva de dicha actividad.

El objetivo de esta etapa del trabajo fue cuantificar los impactos que generaría la enfermedad del HLB a la economía mexicana en su conjunto, en cuanto al valor de la producción y empleo.

VII.1. Metodología

Se construyeron distintos escenarios para representar a tres niveles de riesgo (bajo, moderado y alto), el daño que causaría la infestación del HLB y los correspondientes impactos económicos estimados sobre los subsectores citrícolas y la economía mexicana en su conjunto. Los impactos estimados para la actividad citrícola a nivel producción primaria (volumen y valor de la producción y empleo agrícola, representado por el número de jornales por hectárea cultivada) sirvieron de base en la estimación de los impactos para el conjunto de la economía, como se representa en la Figura VII.1

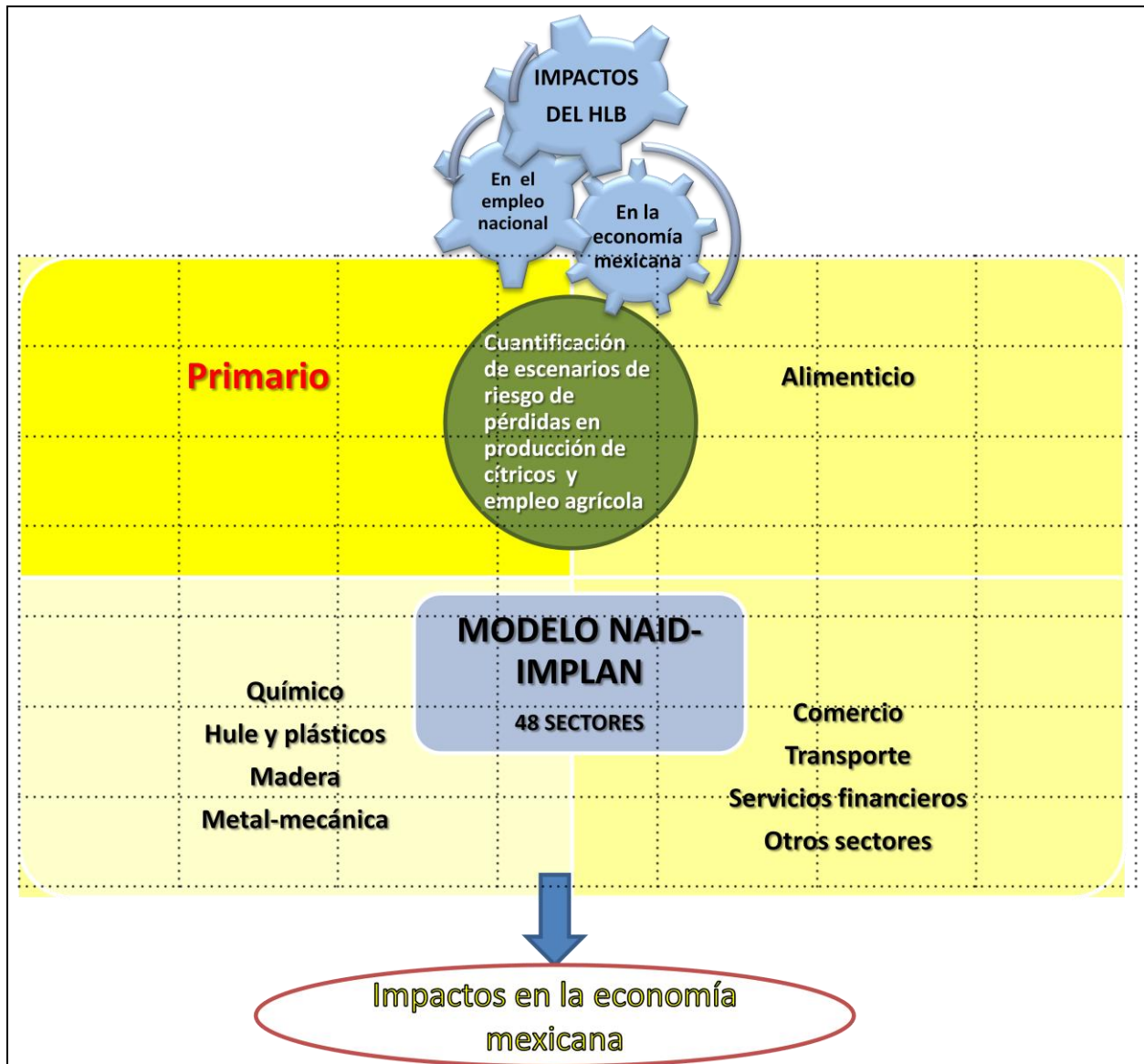
VII.1.1. Estructura de la base de datos y flujo de información

La herramienta utilizada para cuantificar los impactos económicos fue el modelo insumo producto IMPLAN (desarrollado por el Minnesota IMPLAN Group). La base de datos, está formada por 48 sectores siguiendo el sistema de clasificación industrial de la OECD, representó la estructura de la economía mexicana actualizada a pesos de 2008.

El modelo construido NAID-IMPLAN generó varios reportes aplicando la funcionalidad de IMPLAN, siendo los principales las matrices “insumo” y “producto”. La matriz “producto” muestra la producción de mercancías y servicios de cada sector, siendo posible identificar más de una mercancía para cada industria; mientras que la matriz “insumo” refleja la compra o consumo de mercancías y servicios a cada nivel del proceso productivo, considerando los insumos que utiliza cada la industria. Otros reportes

generados incluyeron el SAM (social accounting matrix en sus siglas en inglés) y detalles de los productos/servicios por industria. En la primera etapa se validaron los datos del sistema, comparando las cifras y parámetros iniciales del modelo IMPLAN con las de las tablas de INEGI disponibles en su página web (Nov. 26, 2009), encontrándose que las producidas por el primero (componentes básicos para todos los cálculos subsecuentes) eran similares a los reportados por INEGI, por lo que no fue necesario reconciliar ambas fuentes.

Figura VII.1 Metodología para la estimación de los impactos en la economía Mexicana



El Cuadro VII.1 resume las pérdidas potenciales en el volumen y valor de la producción generadas a nivel actividad productiva primaria (en toneladas de cítricos y en miles de pesos de 2008), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB, las cuales sirvieron de punto de partida en el proceso analítico de esta etapa del trabajo.

Cuadro VII.1 Pérdidas en el volumen y valor de la producción de cítricos bajo diferentes niveles de riesgo a tres horizontes de tiempo

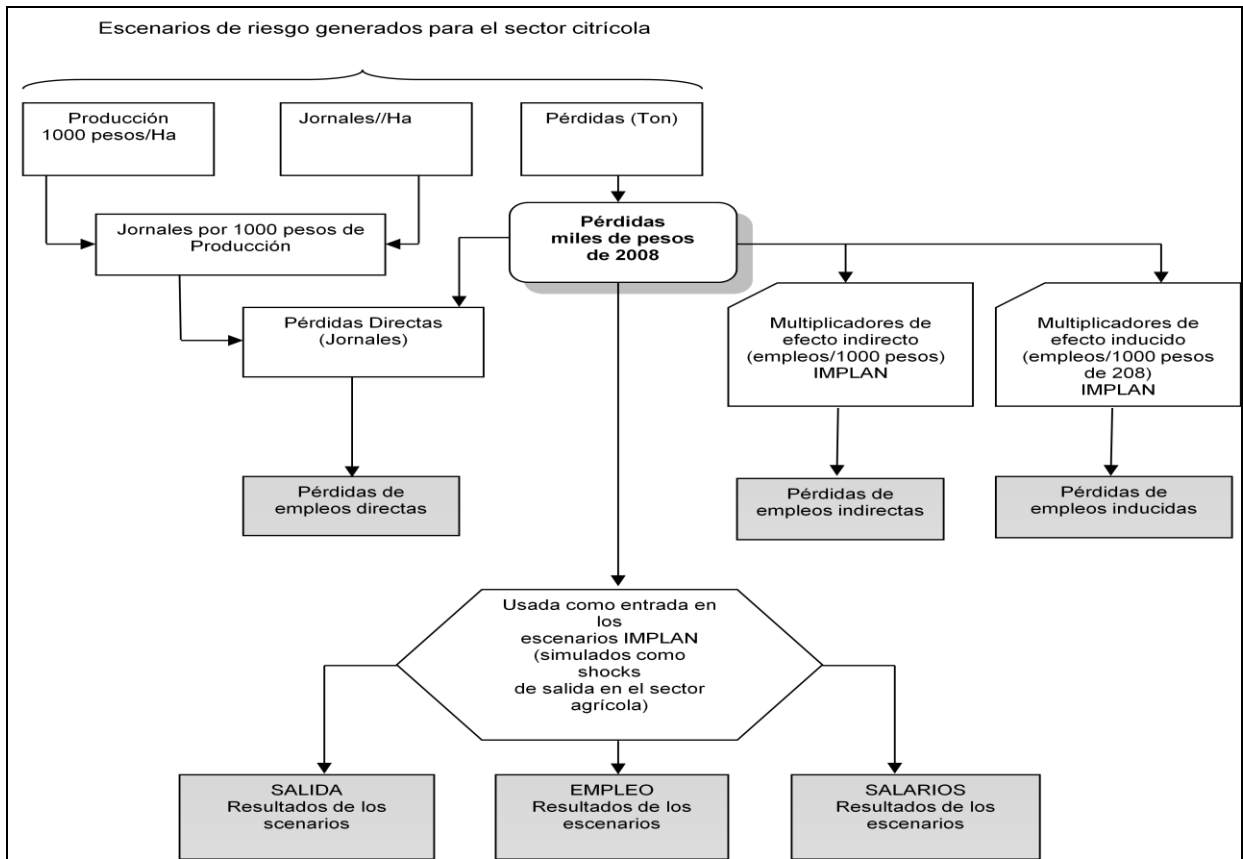
A 1 año de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Limón Mexicano	7,902	30,983	45,675	2.59	20,448	80,177	118,198
Limón Persa	4,882	9,643	39,545	1.93	9,408	18,585	76,215
Limón Italiano	123	1,196	4,862	1.56	192	1,871	7,606
Naranja	67,849	323,877	426,385	0.99	67,080	320,204	421,549
Mandarina	397	2,341	13,098	1.02	404	2,381	13,322
Toronja	6,638	17,900	56,386	1.25	8,265	22,288	70,210
Total cítricos	87,790	385,939	585,952	1.41	123,633	543,506	825,178

A 3 años de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	18,158	52,755	77,773	2.59	46,988	136,520	201,259
Limón Persa	11,218	16,420	67,335	1.93	21,619	31,645	129,773
Limón Italiano	283	2,036	8,279	1.56	442	3,185	12,951
Naranja	155,914	551,474	1,368,676	0.99	154,146	545,219	1,353,153
Mandarina	912	3,986	22,302	1.02	928	4,054	22,684
Toronja	15,253	30,478	196,010	1.25	18,993	37,950	244,066
Total cítricos	201,738	657,149	1,740,375	1.41	284,101	925,442	2,450,917

A 5 años de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	50,643	142,645	210,289	2.59	131,053	369,134	544,182
Limón Persa	31,287	44,397	182,066	1.93	60,298	85,564	350,891
Limón Italiano	789	5,505	22,385	1.56	1,234	8,612	35,017
Naranja	434,854	1,491,120	1,963,064	0.99	429,922	1,474,209	1,940,800
Mandarina	2,544	10,777	60,303	1.02	2,588	10,961	61,334
Toronja	42,542	82,409	259,601	1.25	52,972	102,614	323,247
Total cítricos	562,659	1,776,853	2,697,707	1.41	792,375	2,502,287	3,799,097

La figura Figura VII.2 muestra el proceso analítico, indicando fuente de datos y resultados. Los resultados se presentan en detalle en la siguiente sección

Figura VII.2 Flujo de información



VII.1.2. Generación de multiplicadores

Una vez incorporadas las anteriores pérdidas potenciales a nivel producción cítrica primaria al modelo NAID-IMPLAN, se construyeron los parámetros para generar los efectos multiplicadores directos, indirectos e inducidos para distintos niveles de infestación del HLB y sus correspondientes reducciones en la producción y empleo de la cadena cítrica.

Los efectos directos los representaron las reducciones en empleo y salarios como consecuencia de las pérdidas o cambios en el sector cítrico (primario y agroindustrial), de acuerdo a los niveles de riesgo establecidos (bajo, medio y alto), medidos por el valor de la producción y el empleo. Los efectos indirectos o inter-industria correspondieron a los que se presentarían en aquellos sectores que abastecen y proporcionan insumos al proceso productivo de las actividades directamente impactadas (cítrica primaria y agroindustrial); mientras que los efectos inducidos o ingreso, son los que ocurrirían en toda la economía, impactando el ingreso y empleo de los sectores relacionados (por ejemplo, al agropecuario, alimenticio, comercio, transportes, químico, hule y plásticos, metal-mecánico, madera, de servicios financieros, etc.).

Haciendo uso de la funcionalidad interna del sistema IMPLAN para correr escenarios, también se desagregaron los impactos indirectos e inducidos por sector, simulando los efectos con las reducciones estimadas en el valor de la producción y empleo, previamente generadas para el sector citrícola primario y agroindustrial, a los tres niveles de riesgo. La Figura VII.2 muestra el flujo de datos y resultados para los sectores seleccionados, y en el anexo 1 se presentan las cifras detalladas. Los resultados se discuten en el apartado de resultados.

VII.1.3. Supuestos

Es importante mencionar los supuestos en los que se basan los modelos insumo-producto, como el NAID-IMPLAN utilizado en este análisis y que, en cierta medida, podrían implicar limitaciones en la interpretación de los resultados. Entre los más importantes están los relativos a las funciones de producción, efectos de compras locales, así como el mecanismo de transmisión inter-industria y efectos de ingreso. Primero, los sistemas insumo-producto suponen que la economía opera al 100% de su capacidad, que los recursos (insumos) están totalmente disponibles, y que los insumos se utilizan en proporciones fijas independientemente del nivel de producción. Segundo, los análisis a nivel nacional tienden a encubrir la severidad de impactos localizados, especialmente de aquellos generados como consecuencia de pérdidas en el empleo local (efectos inducidos). Como la base de datos del sistema IMPLAN para México no incluye actualmente desagregación geográfica sub-nacional, no se generaron dichos estimadores. Finalmente, todos los sistemas insumo-productos asumen que los efectos sustitución de los distintos factores de la producción dentro de un sector (o el mismo factor entre sectores) son pequeños o nulos y que, la contracción en un sector lleva invariablemente al desempleo de todos los trabajadores desocupados. En realidad, ni la intervención del gobierno, o la capacidad de recuperación de la economía local, podría llevar a menos que proporcional el efecto en desempleo.

Sin embargo, el equipo que desarrolló este trabajo confía que los resultados generados por el modelo NAID-IMPLAN son apropiados para representar los impactos económicos que traería consigo la pérdida en el sector citrícola. Los resultados están metodológicamente sustentados y son lo suficientemente fuertes para servir de base en recomendaciones de política y toma de decisiones.

VII.2. Resultados

Los resultados de este análisis se presentan en tres categorías de pérdida generales: valor de la producción, empleo y salarios. El número de empleos por subsector se calculó combinando los valores de jornales por hectárea con el valor total de la producción/ha., transformándolos después a “empleos de tiempo completo al año”, considerando el factor de 250 días per año con 8 horas de trabajo al día. La base de empleo para cada subsector citrícola quedó como se muestra en el Cuadro VII.2 Base de empleo generada del análisis

Cuadro VII.2 Base de empleo generada del análisis

ESPECIE DE CITRICO	BASE DE EMPLEO
Limón mexicano	24,348
Limón persa	15,440
Limón italiano	1,271
Naranja	61,631
Mandarina	3,514
Toronja	3,172
Total	109,377

VII.2.1. Resultados agregados

Con base en los multiplicadores de empleo calculados por el modelo, se estimaron los impactos para las industrias que proporcionan insumos al sector agrícola, así como para la economía en su conjunto debido a las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente, a uno, tres y cinco años de establecido el HLB. Los multiplicadores se estimaron para todo el sector agrícola, cuya composición de insumos podría no ser perfectamente equivalente a la del subsector cítrico.

De acuerdo con el Cuadro VII.3, la pérdida total de empleos de tiempo completo, a 1 año de establecido el HLB será de 4,105, 17,988 y 27,463 para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascendería a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16, 50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos/de ingreso (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberían los mayores impactos.

Cuadro VII.3 Pérdida de empleos de tiempo completo.

A 1 año de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impactos en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	253	991	1,462	205	805	1,186	59	233	343	517	2,029	2,991
Limón Persa	176	347	1,424	94	187	765	27	54	221	297	588	2,410
Limón Italiano	3	33	136	2	19	76	1	5	22	6	58	235
Naranja	1,900	9,069	11,939	673	3,214	4,232	195	929	1,224	2,768	13,212	17,394
Mandarina	14	84	472	4	24	134	1	7	39	20	115	644
Toronja	159	430	1,353	83	224	705	24	65	204	266	718	2,262
Total	2,505	10,954	16,785	1,241	5,456	8,283	359	1,577	2,395	4,105	17,988	27,463

A 3 años de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impactos en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	581	1,688	2,489	472	1,370	2,020	136	396	584	1,189	3,455	5,093
Limón Persa	404	591	2,424	217	318	1,303	63	92	377	684	1,001	4,103
Limón Italiano	8	57	232	4	32	130	1	9	38	14	98	399
Naranja	4,366	15,441	38,323	1,547	5,473	13,583	447	1,582	3,927	6,360	22,497	55,833
Mandarina	33	143	803	9	41	228	3	12	66	45	196	1,096
Toronja	366	731	4,704	191	381	2,450	55	110	708	612	1,223	7,863
Total	5,757	18,653	48,975	2,852	9,290	24,602	825	2,686	7,114	9,434	30,628	80,691

A 5 años de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impactos en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	1,621	4,565	6,729	1,316	3,705	5,462	380	1,071	1,579	3,316	9,341	13,771
Limón Persa	1,126	1,598	6,554	605	859	3,522	175	248	1,018	1,907	2,706	11,095
Limón Italiano	22	154	627	12	86	352	4	25	102	38	266	1,080
Naranja	12,176	41,751	54,966	4,316	14,798	19,482	1,248	4,279	5,633	17,739	60,828	80,081
Mandarina	92	388	2,171	26	110	616	8	32	178	125	530	2,965
Toronja	1,021	1,978	6,230	532	1,030	3,245	154	298	938	1,706	3,306	10,413
Total	16,057	50,434	77,278	7,954	25,118	38,135	2,300	7,263	11,027	26,311	82,815	126,439

VII.2.2. Resultados desagregados

De acuerdo con el Cuadro VII.4, el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería) es el que mayores impactos enfrentaría en el valor de su producción, de los diez principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido. Por ejemplo, a cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, el impacto directo en el valor de la producción del sector 1 (el primario) ascendería a 3,800 millones de pesos; mientras que el indirecto a 479 millones, el inducido a 65 millones y el total a 4,343 millones. En orden de importancia le seguiría el sector “comercio y reparaciones”; el de “productos alimenticios, bebidas y tabacos”; y el de “otras actividades de negocio”. Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto sería de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.

Cuadro VII.4 Impacto en producción de los principales sectores, por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)

Clasificación del sector	Description del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	792,375	99,803	13,568	905,746	2,502,287	315,174	42,846	2,860,308	3,799,097	478,513	65,051	4,342,662
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0	67,679	31,299	98,978	0	213,727	98,842	312,569	0	324,490	150,067	474,558
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	0	64,640	38,442	103,081	0	204,130	121,397	325,527	0	309,920	184,311	494,231
9	Químico, excluyendo medicamentos	0	31,124	7,968	39,092	0	98,289	25,164	123,452	0	149,227	38,205	187,432
43	Otras actividades de negocio	0	26,691	16,069	42,760	0	84,289	50,744	135,034	0	127,972	77,042	205,015
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	0	18,154	20,702	38,856	0	57,330	65,376	122,705	0	87,041	99,257	186,298
2	Minería y energía	0	17,238	5,544	22,781	0	54,437	17,506	71,943	0	82,648	26,579	109,227
38	Servicios financieros y de seguros	0	16,677	7,499	24,176	0	52,664	23,682	76,346	0	79,957	35,955	115,912
8	Petróleo y combustibles	0	16,166	5,870	22,036	0	51,050	18,538	69,588	0	77,507	28,145	105,652
26	Producción y distribución de electricidad	0	13,329	6,099	19,428	0	42,093	19,261	61,354	0	63,908	29,243	93,151
TOTAL 48 SECTORES		792,375	417,739	246,817	1,456,931	2,502,287	1,319,202	779,438	4,600,927	3,799,097	2,002,878	1,183,381	6,985,357

En términos del número de empleos, también el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorbería los mayores impactos ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superaría en los tres casos (cuadro VII.6). Para la economía en su conjunto y frente a un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.

Cuadro VII.5 Impacto en empleo de los principales sectores, por efectos indirectos.

Clasificación del sector	Description del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	8,629	1,087	148	9,864	27,251	3,432	467	31,150	41,374	5,211	708	47,294
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0	320	190	510	0	1,010	600	1,610	0	1,533	912	2,444
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	0	155	93	248	0	488	294	782	0	741	446	1,187
9	Químico, excluyendo medicamentos	0	100	46	146	0	315	146	461	0	479	221	700
43	Otras actividades de negocio	0	97	43	140	0	305	137	442	0	463	208	671
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	0	46	12	58	0	145	37	182	0	220	56	277
2	Minería y energía	0	33	38	71	0	104	119	223	0	159	181	339
38	Servicios financieros y de seguros	0	26	169	194	0	80	534	614	0	122	810	932
8	Petróleo y combustibles	0	24	9	33	0	75	27	103	0	114	42	156
26	Producción y distribución de electricidad	0	19	8	27	0	59	25	84	0	90	38	128
TOTAL 48 SECTORES		8,629	1,988	905	11,523	27,251	6,280	2,859	36,390	41,374	9,534	4,341	55,249

En términos de salarios, el efecto directo y total lo tendría el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque los salarios tienden a ser más altos ahí que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector productos alimenticios, bebidas y tabaco será mayor (Cuadro VII.6).

Cuadro VII.6 Impacto en salarios de los principales sectores, por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)

Clasificación del sector	Description del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	-	11,550	6,869	18,419	-	36,475	21,692	58,166	-	55,377	32,933	88,311
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	87,682	11,044	1,501	100,227	276,895	34,876	4,741	316,512	420,395	52,951	7,198	480,544
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	-	7,516	4,525	12,041	-	23,735	14,289	38,024	-	36,036	21,694	57,730
9	Químico, excluyendo medicamentos	-	6,508	3,010	9,518	-	20,553	9,505	30,057	-	31,204	14,431	45,635
43	Otras actividades de negocio	-	3,983	4,542	8,526	-	12,579	14,344	26,923	-	19,098	21,778	40,876
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	-	3,636	931	4,567	-	11,482	2,940	14,421	-	17,432	4,463	21,895
2	Minería y energía	-	3,229	1,452	4,681	-	10,197	4,585	14,782	-	15,481	6,962	22,443
38	Servicios financieros y de seguros	-	1,654	757	2,411	-	5,224	2,390	7,615	-	7,931	3,629	11,561
8	Petróleo y combustibles	-	1,147	416	1,563	-	3,621	1,315	4,936	-	5,498	1,997	7,495
26	Producción y distribución de electricidad	-	1,095	1,563	2,658	-	3,458	4,936	8,395	-	5,251	7,495	12,745

La elección de cuantificar efectos multiplicadores indirectos e inducidos podría ser controvertida, sobre todo cuando no se cuenta con modelos que desagregan los sectores de manera detallada. Los multiplicadores directos están directamente ligados a la intensidad de la mano de obra utilizada en

determinado sector. Como la producción agrícola en México es, en general, intensiva en mano de obra, los efectos directos de un “shock” o impacto en producción son relativamente altos; mientras que los efectos indirectos dependen de, que tan integrado esté el sector con el resto de la economía, y qué tan intensivos en mano de obra son los sectores relacionados.

Para el sector citrícola, los efectos indirectos están por debajo del promedio de la economía mexicana; los vínculos no son elevados, aunque la mayoría de ellos son con sectores que también son relativamente intensivos en mano de obra. El multiplicador indirecto es bajo, 1.2, comparado con el ligeramente mayor a 2 que corresponde al promedio de la economía en su conjunto, lo cual es entendible ante los altos impactos de los efectos directos de la actividad citrícola.

Por otro lado, el efecto inducido para el sector citrícola es bajo, de 0.7, y se refiere al impacto para el conjunto de la economía (por cambios en el ingreso nacional y demanda), como resultado de la demanda de mano de obra ante un shock en la actividad citrícola. Este bajo efecto inducido para la citricultura refleja dos factores: 1) que los salarios en la actividad citrícola son relativamente bajos y, por tanto, una reducción grande o importante en dicho sector, resultará en una pequeña contracción del ingreso nacional; y 2) El sistema IMPLAN asume homogeneidad en el consumo, o sea, que el patrón de consumo de todos los trabajadores que reciben un ingreso es el mismo; por tanto, el efecto inducido por sector simplemente refleja el relativo tamaño de cada uno en el consumo doméstico. Sin embargo, el ingreso más bajo de trabajadores del sector citrícola más pobres, tendría un impacto desproporcionado en la reducción de la demanda en sectores intensivos en mano de obra como el agrícola, de alimentos y bebidas y el de construcción, por ejemplo, lo cual haría conservadoras las cifras mostradas en el Cuadro VII.6.

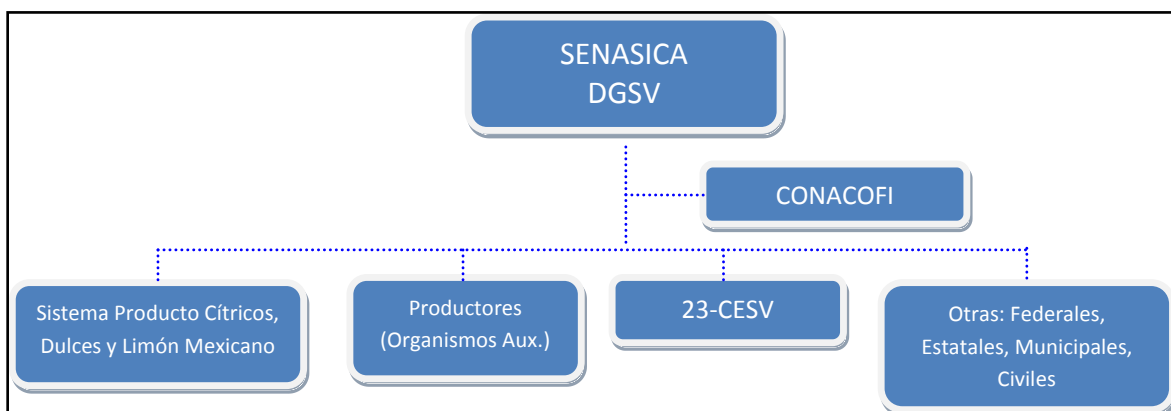


VIII. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O DE CONTROL CONTRA EL HLB (GREENING) EN MEXICO Y EN OTROS PAISES

El ingreso y potencial establecimiento de la enfermedad del HLB representa un problema de interés regulatorio para México, el cual es atendido por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). El enfoque actual del SENASICA, en materia sanitaria, es la implementación de sistemas de vigilancia fitosanitaria, los cuales dan sustento a las acciones de protección vegetal y confieren certidumbre a los acuerdos comerciales que el país establece con otras naciones, en materia de sanidad e inocuidad.

La operación de la sanidad vegetal en territorio nacional involucra a diferentes instancias que coadyuvan al cumplimiento de objetivos fitosanitarios. Por ejemplo, en el caso del HLB, la planeación y ejecución de la norma, NOM-EM-047-FITO-2009, involucra a instancias federales, estatales, colegiadas y civiles (Figura VIII.1) y sus ámbitos de acción legal se ilustran en la figura VIII.2. La NOM-EM-047-FITO-2009 se generó específicamente como parte de un plan de emergencia para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB en México, y se implementó en respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticum*, en julio del 2009 en Tizimín, Yucatán.

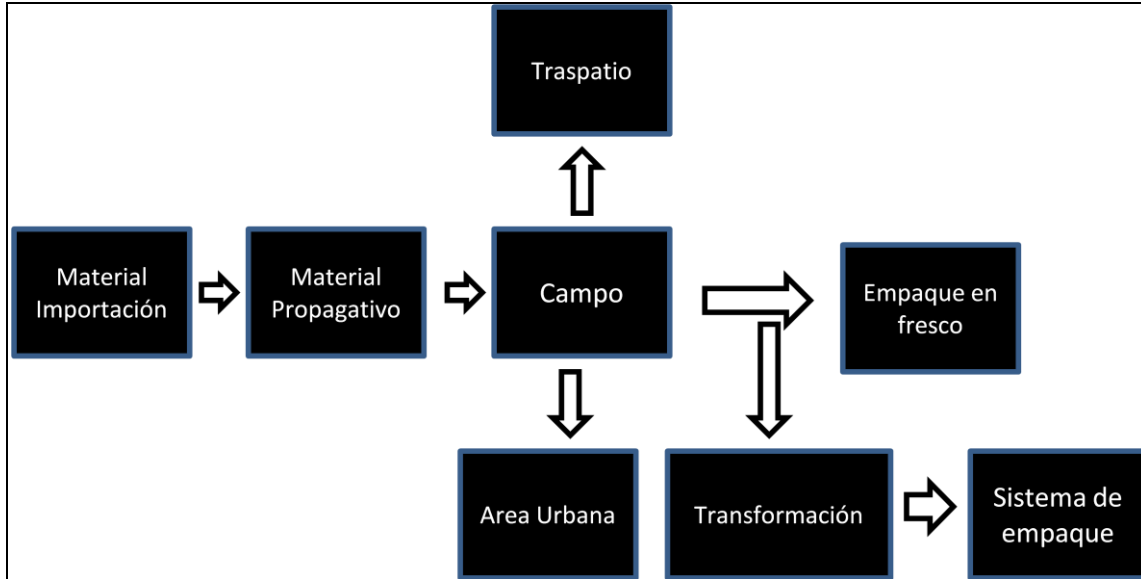
Figura VIII.1 Instancias y dependencias involucradas en el desarrollo, evaluación y fortalecimiento de estrategias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB.



Como se observa en la Figura VIII.2, áreas críticas de la cadena productiva están involucradas a fin de garantizar la eficacia de la norma. La producción a nivel campo y traspatio, sus abastecedores de material propagativo tanto nacionales como de importación, los empacadores de los productos frescos,

transformadores o procesadores de los cítricos como materia prima, así como representantes del sector urbano en el que mediante las plantas ornamentales de los jardines se alimenta al vector del HLB.

Figura VIII.2 Ambitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB.



VIII.1. Acciones ejecutadas dentro de la normatividad mexicana

De acuerdo a la norma NOM-EM-047-FITO-2009, las acciones que actualmente están en ejecución incluyen la delimitación de focos, la divulgación sobre la enfermedad, el control químico del vector, la erradicación de cítricos infectados y de la planta de ornato limonaria, la aplicación de la norma NOM-031FITO-2000, la verificación del proceso y evaluación del manejo del problema. Figura VIII.3

Figura VIII.3 Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB.



En el contexto de la estrategia de exclusión del patógeno y/o vector, se tienen normas que directa e indirectamente pretenden impedir el ingreso del HLB a México, a través de inspeccionar la movilización de material en el país y de vías externas; dichas normas se citan en el cuadro Cuadro VIII.1

Cuadro VIII.1 Acciones coordinadas por SENASICA-DGSV contra *Candidatus Liberibacter* en México .

Exclusión NOM-EM-047-FITO-2009 NOM-007-FITO-1995 NOM-008-FITO-1995 NOM-011-FITO-1995 NOM-062-FITO-1995	Acciones Fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión de HLB en el país.	2009	Establecer medidas fitosanitarias para prevenir el riesgo de introducción y dispersión de la enfermedad por medio del cumplimiento de la norma.	Mantener información nacional sobre la presencia de la enfermedad y tomar las medidas precautorias necesarias para evitar la dispersión HLB.
	Requisitos fitosanitarios y especificaciones para importación de material propagativo.	1995-2009	Establecer medidas de control de material propagativo del HLB por medio de la normatividad establecida.	Disminuir la probabilidad de introducción del HLB por contagio de material.
	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para la importación de frutas y hortalizas secas.	1995-2009	Establecer medidas de control para frutas frescas, por medio de la normatividad establecida, para evitar la introducción de HLB al territorio nacional.	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB por contagio de frutos frescos.
	Por la que se establece cuarentena exterior para prevenir introducción de plagas de cítricos.	1995-2009	Establecer medidas de control de ingreso de productos o subproductos que permitan la introducción de HLB.	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB desde el exterior.
	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para importación de vegetales, productos y subproductos por correo o mensajería.	1995-2009	Establecer medidas de control de ingreso de productos o subproductos por vía de paquetería o mensajería, que permitan la introducción de HLB	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB por correos o paquetería
Erradicación NOM-EM-047-FITO-2009 PAE-DPF-HLB	Notificación de presencia de HLB por medio de circular a las dependencias respectivas del territorio nacional.	2009	Establecer medidas fitosanitarias para prevenir el riesgo de introducción y dispersión de la enfermedad HLB por medio de la normatividad establecida.	Mantener informado al territorio nacional sobre la detección y presencia de la enfermedad, para así tomar las medidas precautorias necesarias que eviten la introducción y/o dispersión
	Erradicación plantas positivos.	2002	Eliminación directa de las plantas que resulten positivas, ya sea mediante síntomas o por medio del diagnóstico molecular, según la normativa de protocolo de emergencia de HLB	Disminuir el riesgo de establecimiento y dispersión de la enfermedad dentro de las parcelas.
	Erradicación de limonaria.	2010	Eliminación directa de las plantas conocidas como limonarias (<i>Murraya paniculata</i>) mencionado el protocolo de emergencia.	Evitar la multiplicación del vector y reservorios del patógeno.
	Establecimiento de huertas centinelas	2010	Identificar dentro de los estados altamente riesgosos, huertos de control con las características: naranja dulce, huertos de 4 a 10 años, 50 has. mínimo y presencia del psílido.	Mantener en inspección y monitoreo a los sitios de alto riesgo en el país con la finalidad de detectar oportunamente la presencia del patógeno.
Protección NOM-006-FITO-1995 NOM-079-FITO-2002 NOM-031-FITO-2000	Cuidado intensivo de unidades productoras con material propagativo.		Uso de mallas antiáfidos y en el caso de movilizar material propagativo, realizarlo con estricto apego a lo señalado por la norma.	
	Muestreo de plantas y de psílicos.		Realizar recorridos en rutas definidas por organismos auxiliares de sanidad vegetal de cada entidad citrícola y exploraciones y colectas periódicas de planta y vector para detectar plantas con síntomas. Las muestras recolectadas se diagnosticarán para la presencia de la bacteria tanto en psílido como en planta.	
	Cuarentena absoluta y parcial de huertos con HLB		Evitar la movilización de material propagativo de los huertos positivos a HLB de manera absoluta sin excepción, o parcial cumpliendo ciertas especificaciones normativas.	
	Control químico y biológico		Realizar control del vector y cuidado de la planta por medio de aplicación de trampas, entomopatógenos, etc	

Cuadro VIII.2 Actividades complementarias para contrarrestar la enfermedad del HLB.

Capacitación	2009	Realizar talleres de capacitación para organismos auxiliares de sanidad vegetal a fin de que, a su vez, este personal se encargue de dar asesoría a productores de cítricos.	Enseñar al personal de las dependencias encargadas de la sanidad de los cítricos, las estrategias para mitigar y controlar en el caso de presentarse la enfermedad, así como mostrar las técnicas requeridas para cuando la enfermedad ya está reportada.
Divulgación	2009	Informar mediante volantes, trípticos, cursos, talleres, etc.	Hacer llegar la información más exacta, relevante y actual al personal auxiliar, productores y otros organismos.
Revisar periódicamente el plan de emergencia	2009	Revisar el plan destinado a contemplar un escenario desfavorable y ubicando éste como una realidad que conlleve a diseñar y emplear medidas adecuadas y necesarias para mitigar y controlar las enfermedades.	Mantener una visualización de un escenario desfavorable para la citricultura, lo cual conlleva a diseñar acciones correctivas en caso de que el HLB tuviera grandes repercusiones en la producción y otros elementos de la cadena productiva.
Sistemas de información de campañas fitosanitarias	2009	Destinar recurso para la creación de un sistema automatizado para generar bases de datos relativas a la información sobre las campañas fitosanitarias de cítricos.	Obtener una fuente confiable de información de los sucesos más recientes y pasados con respecto a las enfermedades de interés citrícola.
Supervisión y evaluación	2009	Actividades realizadas por parte de las dependencias de sanidad vegetal en la cuales se verifica y certifican las actividades y acciones empleadas contra la enfermedad.	Dar certidumbre de que las actividades contra la enfermedad se están realizando correctamente y que además están dando resultados adecuados.

Todo lo anterior, observando los criterios de armonización y estandarización que permitan contar con un sistema de vigilancia regional único y funcional dentro del territorio nacional para salvaguardar la citricultura del país.

Al igual que con el patógeno causante del HLB, existen otras plagas de interés regulatorio sobre las cuales SENASICA tiene acción directa para salvaguardar la citricultura nacional; por ejemplo, el virus de la leprosis y tristeza así como a la bacteria responsable del cancro, los cuales causan fuertes problemas en otros países como Brasil y Florida. La normatividad mexicana es robusta y congruente con la regulación internacional. Además, México cuenta con uno de los sistemas de operación fitosanitario más completos de Latinoamérica, en el que participan instancias estatales certificadas para la planeación y ejecución de acciones de monitoreo, control y manejo de plagas, entre las cuales figuran las de interés regulatorio. Estas instancias se denominan Comités Estatales de Sanidad Vegetal, los que coordinadamente trabajan con un representante de la SAGARPA y con Organismos Auxiliares y Sistemas Producto especializados en ciertos cultivos. Este modelo ha permitido que actualmente se esté desarrollando un sistema de monitoreo del HLB y del vector a nivel nacional, el cual cuenta con apoyo logístico y de recursos humanos y económicos en función del nivel de riesgo de HLB. Este es el caso de los estados de la Península de Yucatán y recientemente de Jalisco y Nayarit.

VIII.2. Comparativo de acciones tomadas en México para combatir el riesgo de HLB y en otros países

Conceptualmente existe similitud entre los Sistemas de Vigilancia, Monitoreo y Alerta de Plagas de México y de otros países, dado que la mayoría se rige bajo los estándares que dictan los órganos de Protección Fitosanitaria internacional u organismos regionales, como el Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) o la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), de las cuales México es miembro. Operativamente, sin embargo, se presentan dificultades en algunos países en la implementación de su normatividad. Por ejemplo, con respecto al HLB, no existe suficiente información con respecto a las acciones que están desarrollando países como Belice y Guatemala, que son estratégicos en la movilización de la plaga/vector a México por su localización geográfica en el área del Caribe, donde la influencia de huracanes es frecuente. Incluso en países como EUA, no es clara la información con respecto a las acciones que se desarrollan oficialmente para el manejo del HLB.

Convencionalmente, un plan de acción fitosanitario involucra acciones preventivas (exclusión) y de protección (erradicación y protección) en un contexto regulatorio (Mora et al., 2010). En el caso de México, son claras las acciones que se están desarrollando bajo este plan de acción (Cuadro VIII.1 y Cuadro VIII.2); mientras que la búsqueda de información similar relativa a acciones oficiales ejecutadas en Florida, EUA, es infructuosa o limitada (cuadro VIII.3). Por ejemplo, existe mucha información epidemiológica relativa al HLB en Estados Unidos, en parte por los esfuerzos de colaboración individual entre investigadores de ese y otros países, pero no como producto de acciones de manejo oficial de la enfermedad (Irey, 2009; Qureshi et al., 2009; Srinivasan et al., 2008; Meyer et al., 2008; Gottwald et al., 2007).

En Brasil también existe una gran cantidad de información epidemiológica y de manejo, pero impulsada, en gran parte, por organizaciones de productores (Cuadro VIII.4), como es el caso de FUNDECITRUS (Belasque et al., 2009; Lopes et al., 2007). No es clara la función de gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones oficiales contra la enfermedad, por lo que se detecta una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados, siendo en general San Pablo la entidad con mayor inversión privada y estatal para sustentar manejo fitosanitario de cítricos. Este estado ha desarrollado fuertes programas de erradicación de cítricos para el manejo de enfermedades como la muerte súbita (Loeza et al., 2008; Rivas et al., 2008), cancro (Armando Bergamin Filho. 2005. Comunicación Personal. ESALQ, Br.) y, actualmente el HLB (Belasque et al., 2009).

Comparativamente, Florida, una de las entidades citrícolas más importantes de Estados Unidos, con presencia del vector desde 1998 (cuadro VIII.5), prácticamente no ejecutó acciones oficiales de manejo previo a la aparición del patógeno en el 2005 (Irey et al., 2009), y las acciones que actualmente se desarrollan son de protección mediante el control químico y, en menor escala, a través de control biológico del vector (Cuadro VIII.3). Para Australia, por ejemplo, se reportan antecedentes de manejo regulatorio aparentemente exitosos (Bellis et al., 2005).

Cuadro VIII.3 Acciones del HLB emitidas por otros países.

Principio	Método	Lugar	Efecto	Citas
Exclusión	Estrategia cuarentenaria en el Norte de Australia para evitar la introducción de <i>Diaphorina citri</i> y HLB.	Australia.	La estrategia cuarentenaria en el Norte de Australia fue exitosa hasta 2005, pues no se detectó la presencia del psílido asiático de los cítricos, y cuando se sospechó de una planta con los síntomas característicos de HLB, al analizarla resultó negativa a la bacteria.	Bellis <i>et al.</i> , 2005
Erradicación	Eliminación de la bacteria, mediante un proceso de criopreservación.	Guangdong provincia, China.	El proceso de criopreservación elimino la bacteria en los cinco genotipos evaluados (plántula) de cítricos, en más del 90%.	Ding <i>et al.</i> , 2008.
	Eliminación de árboles sintomáticos por medio de inspecciones periódicas.	Brasil	Se realiza un proceso de inspección en las parcelas y se erradican los arboles que presenten los primeros síntomas de HLB. Bajo este mecanismo sólo se han erradicado anualmente 2% de arboles a partir del inicio de este principio.	Belasque <i>et al.</i> , 2009
Protección	Control biológico de <i>Diaphorina citri</i> por <i>Tamarixia radiata</i> (parasitoide).	Florida, EUA	<i>Tamarixia radiata</i> fue recuperada en el cuarto y quinto instar ninfal de <i>Diaphorina citri</i> , en 26 de las 28 muestras analizadas. Sin embargo, el porcentaje de incidencia de parasitismo varía durante el año, presentándose con mayor eficiencia de Septiembre a Noviembre (56%), y con menor eficiencia en la primavera y el verano (<20%).	Qureshi <i>et al.</i> , 2009.
	Repelencia de hojas de guayaba a <i>Diaphorina citri</i> .	China		Zaka <i>et al.</i> , 2009.
	Control químico de <i>Diaphorina citri</i> , al combinar Silwet L-77 con Imidacloprid ó Abamectina.	Florida, U.S.	Las hojas de guayaba secretan sustancias volátiles repelentes para el psílido de los cítricos, el cual reduce su presencia en los huertos de cítricos cuando existen también plantas de guayaba.	Srinivasan <i>et al.</i> , 2008.
	Control biológico con el hongo <i>Isaria fumosorosea</i> .	Florida, U.S.		Meyer <i>et al.</i> , 2008.
		Brasil	Al combinar Silwet L-77 con Imidacloprid o Abamectina, se incrementa la mortalidad de huevecillo, ninfas y adultos en más del 90%. El hongo <i>Isaria fumosorosea</i> , infectó a todos los adultos de <i>Diaphorina citri</i> , expuestos a él. Se intento utilizar la poda como estrategia de manejo para la enfermedad (Huanglongbing), sin embargo no funcionó debido a que la bacteria es sistémica y se encuentra en toda la planta, no solo en algunas de sus partes. Al momento de la poda había un 41% de incidencia, mientras que a la muerte del árbol aumentó a 50%.	Lopes <i>et al.</i> , 2007.
	Poda de cítricos			

En términos comparativos entre San Pablo y Florida, dos importantes casos endémicos del HLB, se considera que la erradicación en Brasil ha generado perspectivas de convivencia con la enfermedad (Figura VIII.4 y Cuadro VIII.4), mientras que en Florida el futuro cítricola no es previsible (Pedro Robles, 2010, de la DGSV, comunicación personal).

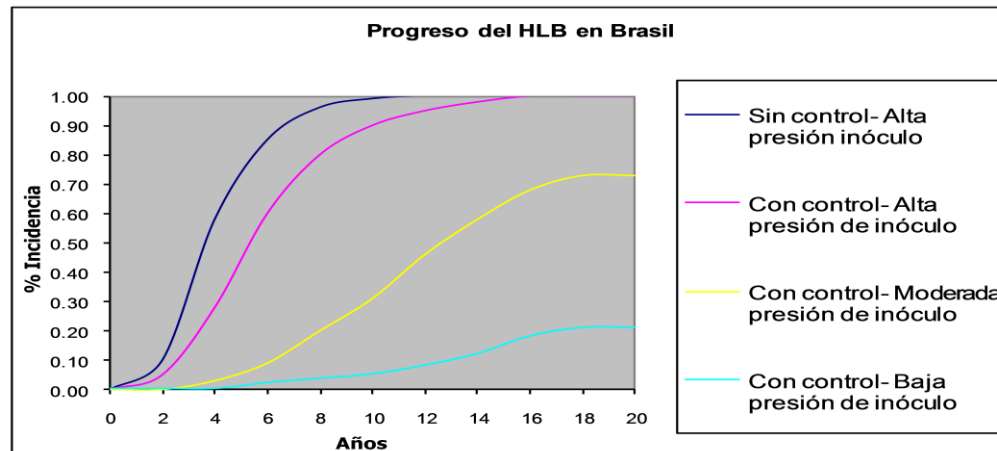
Cuadro VIII.4 Tasas epidémicas de HLB en distintos países bajo diferentes esquemas de manejo.

Epidemia ¹	Tipo Control	Principio	Tasa Epidémica ²	r ²
Taiwán	Con control	Fumigante	0.0940	0.8971
Cuba	Con control	Erradicación	0.0960	0.920
Brasil1	Sin Control y alta presión inóculo	Erradicación y control del vector	0.019	0.999
Brasil2	Con control y alta presión de inóculo	Erradicación y control del vector	0.013	0.996
Brasil3	Con control y moderada presión de inóculo	Erradicación y control del vector	0.0084	0.999

1/ Citas en el cuadro VIII.3.

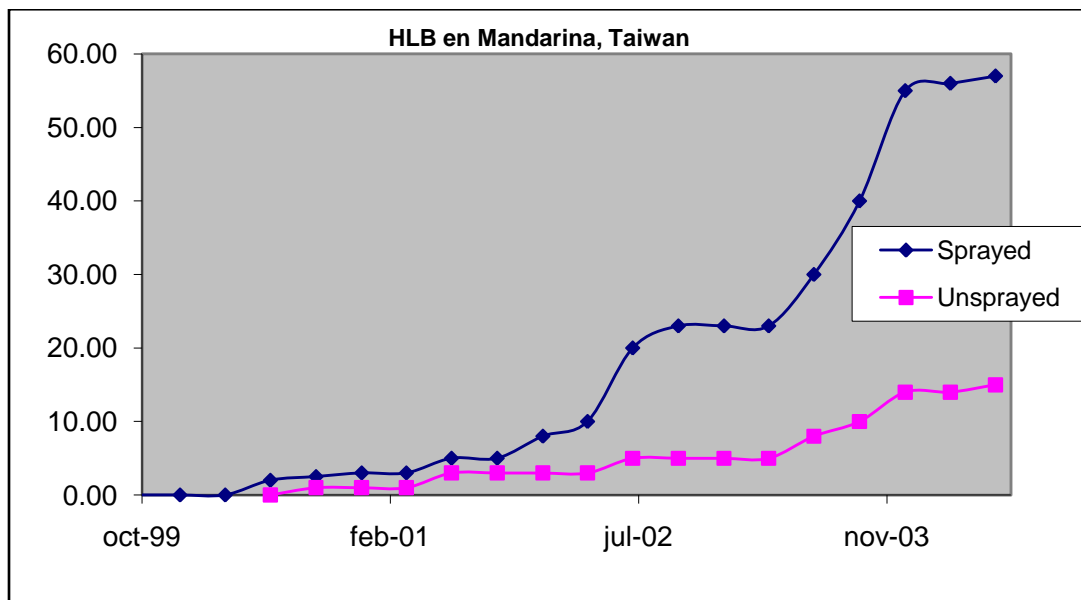
2/ Estimado con modelo de Weibull (1/b) donde b=tasa epidémica. Análisis de los autores con datos publicados (Belasque et al., 2009; Batista, 2009; Su, 2008).

Figura VIII.4 Progreso del HLB en Brasil bajo escenarios con y sin control de la enfermedad.



La Figura VIII.5 muestra el progreso de la enfermedad en Taiwán, con la especie mandarina, bajo escenarios con y sin control.

Figura VIII.5 Progreso del HLB en Taiwán, con mandarina, bajo escenarios con y sin control.



Los resultados de Brasil y los actuales de México indican que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, en parte, por la movilidad aérea del vector y del material propagativo. Por tanto, las estrategias de protección con acciones contra el vector resultan imperativas

En México, las acciones de la DGSV con respecto al HLB, bajo el contexto de los principios de exclusión, erradicación y protección, incluyen:

- a) **Exclusión.** Entre las normas emitidas en el país para cumplir con este principio se encuentran: NOM-EM-047-FITO-2009, NOM-007-FITO-1995, NOM-011-FITO-1995, NOM-079-FITO-2002 (cuadro VIII.1), las cuales engloban requerimientos y especificaciones que deben cumplir vegetales, productos o subproductos y material vegetal propagativo para poder ser transportados o movilizadas en el interior del país o del exterior hacia el territorio nacional.

En Australia, algunas de las acciones realizadas dentro de este concepto, se engloban en una estrategia cuarentenaria de cítricos de la parte norte del país (Bellis, *et al.* 2005) (cuadro VIII.3), con el propósito de evitar la introducción del vector (*Diaphorina Citri*). En México, dado que la enfermedad se detectó presente en 2009, la estrategia se modificó mediante las normas que contemplan aspectos de control en la movilización del todo aquel material de riesgo de contagio (vegetal propagativo, frutas y/o hortalizas frescas, productos y subproductos).

- b) **Erradicación.** Es una de las acciones que entra en vigor al ser detectada la presencia de *C. Liberibacter asiaticus* en vector o en planta. Para ello, México implementa su plan de eliminación de plantas con síntomas de HLB, comprendido en el protocolo y norma de emergencia de HLB (PAE-DPF-HLB y NOM-EM-079-2009) emitidos por SENASICA y en los cuales se enumeran las acciones que deben realizarse en caso de encontrar plantas positivas a la enfermedad, así como para las entidades con ausencia del HLB.

Una de las nuevas acciones a implementar bajo este principio es la erradicación de *Murraya paniculata* conocida comúnmente como limonaria; planta ornamental hospedera de *D. Citri* lo que la convierte en una especie de riesgo de atracción del vector. Sin embargo, esta acción debe ser revalorada frente a la amplia distribución de este ornamental en territorio nacional y posible efecto de “planta trampa” para el vector.

Otra acción corresponde al establecimiento de huertas centinelas para monitorear la enfermedad y vectores virulíferos, consistente en ubicar dentro de las entidades de mayor riesgo, parcelas con las siguientes características:

Cuadro VIII.5 Especificaciones para determinar una huerta centinela.

Especie de cultivo	Naranja dulce
Edad del cultivo	4 a 10 años
Número de hectáreas	50 hectáreas como mínimo
Antecedentes	Presencia de psílido vector (<i>D. Citri</i>)

En Brasil se monitorean e inspeccionan periódicamente síntomas de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad, las cuales ascendieron a sólo el 2% en un año (Belasque, *et al.* 2009) pese a tener presencia del patógeno en casi la totalidad (228) de los municipios de San Pablo en 2009 (www.fundecitrus.com.br), Cuadro VIII.3. Por otro lado, en la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*C. Liberibacter*) por medio de método de crioconservación *in vitro* (Ding, *et al.* 2008) teniendo una efectividad del 90%.

- c) Protección.** Algunos de los métodos de control que se emplean en México bajo este principio incluyen, desde la detección de HLB en Tizimín, Yucatán; como el control químico (mediante el cual se realizan fumigaciones para controlar y disminuir las poblaciones del vector), y el plan de producir oficialmente *Tamarixia radiata*, como agente de control biológico en el CESV de Yucatán y Colima. Por su parte, en Brasil se realizan aplicaciones (aéreas y terrestres) de insecticidas a los huertos cítricos comerciales y de traspatio, y se han podado las plantas periódicamente, (www.fundecitrus.com.br); sin embargo, el método de poda no fue exitoso debido a la sistematicidad de la infección (Lopes, *et al.* 2007). En Florida, por otro lado, se realiza el control químico por medio de la combinación de 2 o más insecticidas (Silvet-L77 con Imadacloprid o Abamectina) teniendo una eficiencia de hasta el 90% (Srinivasan, *et al.* 2008).

En lo que se refiere a otros métodos de control, en China, por ejemplo, se prueba la repelencia de la hoja de guayaba al psílido asiático (Zaca, *et al.* 2009) en la disminución de poblaciones de *D. Citri*.

Independientemente de lo anterior, un elemento importante al que deberá dársele especial atención México, a fin de estar monitoreando, analizando y deteniendo la dispersión del patógeno del HLB en el país, es continuar con la integración sistematizada de bases de datos sobre el clima, medio físico, hospedantes, organismos benéficos, controles y detecciones en puertos de entrada, etc. Así mismo, reforzar programas de colaboración con otros países y el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto a dicha enfermedad. La experiencia observada del HLB así como de otras enfermedades (la roya asiática, por ejemplo), evidencia que ningún país puede, por sí mismo, ser exitoso en el manejo de un problema fitosanitarios, si no cuenta con el apoyo de otros países que también lo enfrentan; una enfermedad que tiene presencia en varios países o regiones, tiene que ser abordada con estrategias conjugadas, creativas e incluyentes. Por ejemplo, Brasil, México y Estados Unidos, que ya han tenido detecciones de la enfermedad y del vector en sus territorios (Cuadro VIII.1), deberían poner en marcha una estrategia regional para prevenir y controlar la diseminación del HLB, no solamente a todas sus zonas productoras de cítricos sino, a la de otros países del continente americano que enfrentan el riesgo de la enfermedad o ya la tienen, sirviendo como mecanismo de contagio a otros. Obviamente ello implicaría, el establecimiento de una estrategia a nivel continente.

Cuadro VIII.6 Primeras detecciones del vector (*Diaphorina Citri*) de *C. Liberibacter* en países de interés para fines de epidemiología comparativa.

PAÍS	FECHA DE DETECCIÓN	LUGAR DE DETECCIÓN	NOMBRE DEL VECTOR
BRASIL	1942	SAN PABLO	<i>D. CITRI kuwayama</i>
FLORIDA	1998	CARRETERA 1 COSTA ESTE	<i>D. CITRI kuwayama</i>
MÉXICO	2002	CAMPECHE	<i>D. CITRI kuwayama</i>

VIII.3 Conclusiones

En suma, de la interpretación y análisis de la información arriba mencionada, se puede concluir que:

1. En términos generales, la vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas, operación y esquema de financiamiento.
2. México posee una infraestructura nacional, representada por la DGSV del SENASICA y los CESV, que le permite aplicar y operar un sistema de vigilancia epidemiológico regional y territorial.
3. El estado actual de la vigilancia epidemiológica opera de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *C. Liberibacter* en estatus de exclusión y/o erradicación.
4. Los CESV tienen la infraestructura y capacidad operativa para ejecutar una vigilancia epidemiológica del HLB con fines preventivos y de protección mediante la aplicación de dichos principios.

5. La vigilancia epidemiológica en México, atraviesa actualmente por un estado de transición. Para la plaga de exclusión como el HLB se realiza la migración de un estado puramente normativo a una condición efectiva de detección, inspección, monitoreo, registro, valoración del riesgo y remediación; mientras que para las plagas endémicas, la transición implica el uso de criterios biológicos sobre criterios administrativos, como la cantidad de hectáreas atendidas.
6. En ciertos estados del país ya existen sistemas de pronóstico, principalmente determinísticos con base en unidades térmicas, fototérmicas o con criterios asociados a la biología de la plaga o planta. Metodológicamente, dichos modelos pueden adaptarse al vector *C. Liberibacter* en otras regiones, previo proceso de desarrollo y validación específica al área de interés.
7. Considerando que el éxito de un sistema de vigilancia epidemiológico en México dependerá, en gran parte, de la efectiva integración de la red nacional de los CESV, tres aspectos a mantenerse dentro del mismo, bajo mejora continua son: inversión, capacitación y comunicación.

IX. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se evaluaron los impactos económicos que traería consigo la enfermedad de los cítricos HLB en México, de no tomarse medidas preventivas o de control al respecto, a tres niveles de la cadena citrícola: actividad productiva primaria, etapa agroindustrial y para la economía en su conjunto, a 3 y 5 años de establecida la enfermedad en territorio nacional. Así mismo, se realizó un análisis comparativo de las acciones que ha venido implementando México contra el HLB, frente a las ejecutadas por otros países que también están o han estado expuestas a dicho riesgo.

La estimación de escenarios de riesgo en la etapa productiva primaria de los cítricos se basó en un análisis epidemiológico de la enfermedad, diseñando una matriz *ex profeso* para tal fin, que fue estimada bajo un enfoque estadístico multivariado que incluyó el análisis factorial y el de conglomerados; mientras que los escenarios de pérdida estimados para la agroindustria, tuvieron como punto de partida los generados en la etapa productiva primaria, además de los coeficientes técnicos calculados con la información obtenida de diversas fuentes y mediante la encuesta aplicada a las empresas y plantas procesadoras seleccionadas a través de un muestreo estratificado. Los impactos que traerá consigo el HLB a la economía en su conjunto consideraron los escenarios generados, tanto a nivel producción primaria como agroindustrial, utilizando como herramienta de evaluación el modelo insumo producto, NAID-IMPLAN.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación para las tres etapas de la cadena citrícola mexicana.

IX.1. Pérdidas potenciales para la actividad citrícola primaria

Para el primer escenario, que consistió de la estimación de pérdidas potenciales de producción citrícola bajo un esquema epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productoras del país, los resultados indicaron:

- Que el impacto potencial del HLB depende de la magnitud de superficie sembrada y nivel de los rendimientos en los distintos estados del país, siendo Veracruz con naranja, toronja y limón persa, el estado que enfrentará un impacto alto en pérdida de su producción; Colima y Michoacán, con limón agrio o mexicano, de alto a moderado; y Tamaulipas con naranja, moderado y, con toronja, bajo. La naranja representó el 43% del valor total de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano alrededor del 1%.
- Con naranja exclusivamente, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco enfrentarían impacto moderado; mientras que Nuevo León y San Luis Potosí, aunque cultivan más de 25 mil hectáreas, por tener bajos rendimientos enfrentarán un impacto bajo, al igual que el resto de entidades productoras de naranja. La pérdida en producción nacional de naranja ascenderá a

1.8 millones de toneladas, contribuyendo Veracruz con el 47% (846,543 toneladas), el conjunto de estados expuesto a riesgo moderado (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) con el 18% (329,354 toneladas), y los 22 estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, con el 35% restante (644,743 toneladas, en conjunto).

- A la pérdida en producción nacional de toronja, Veracruz contribuirá con el 63% (111,949 toneladas); mientras que 8 estados con el 20% (36,077 toneladas) y otros 10 entidades con el 17% restante (30,195 toneladas).
- Las pérdidas que enfrentaría el país en la producción de limón agrio será del orden de las 183,168 toneladas, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con el 48% (87,765 toneladas); Michoacán tendrá un impacto moderado, con el 32% (59,071 toneladas); y otros 20 estados expuestos a impacto bajo, con el 20% restante (36,332 toneladas). De limón persa, Veracruz perderá 75,987 toneladas, contribuyendo con el 64% a la pérdida nacional; otros 5 estados que enfrentarán impacto moderado, con el 19% (22,882 toneladas); y 14 entidades, ante impacto bajo, con el 16% restante (19,380 toneladas).
- La pérdida nacional para el conjunto de cítricos, frente a un impacto bajo del HLB, será de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, correspondiendo a naranja y toronja las mayores pérdidas (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón en sus distintas variedades (10%). Ante un impacto moderado, la pérdida será de 2.35 millones de toneladas (32% de la producción nacional), siendo nuevamente los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%). Bajo un impacto alto, la pérdida se incrementará a 3 millones de toneladas equivalentes al 41% de la producción del país, creciendo el impacto para naranja y toronja al 53%, para mandarina al 26% y para limón al 18%.
- La pérdida de jornales para el cultivo del conjunto de cítricos crecerá de 4 millones frente a un impacto bajo, a 12.6 millones ante un moderado y a 19.3 millones bajo uno alto.

Para el segundo escenario, que consideró condiciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad del proceso epidémico; o sea, una intensidad variable y distribución gradual de HLB en el país, los resultados indicaron que:

- El escenario epidémico del HLB en México puede ser variable en función de la inductividad diferencial regional, entre los que destaca el clima y la estructura de hospederos cítricos en relación a susceptibilidad al patógeno y superficie sembrada. Veracruz, Colima y Michoacán se consideran entidades de alto riesgo epidémico y de impacto comercial. La Península de Yucatán y la vertiente del Pacífico constituyen regiones de riesgo epidémico pero de relativo bajo impacto económico local.
- Frente a un riesgo donde concurrirían en tiempo, entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado máximo de pérdida sobre la producción nacional para el conjunto de cítricos sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 38% (2.7 millones de toneladas de fruto) a cinco años.
- Desagregando los impactos por especie cítrica en los tiempos y niveles de riesgo epidémico, a 3 años de establecido el HLB, bajo un escenario de riesgo alto, la pérdida total de cítricos en el país será de 1.7 millones de toneladas y de 12.2 millones de jornales, correspondiendo los mayores impactos a naranja (1.4 millones de toneladas y 9.6 millones de jornales) y en menor medida a toronja (196 mil toneladas y 1.2 millones de jornales), limón (153 mil toneladas y 1.3 millones de jornales para el conjunto de las 3 variedades) y mandarina (22 mil toneladas y 201

mil jornales).

- A cinco años de establecida la enfermedad y bajo un riesgo alto, la pérdida en la producción nacional ascenderá a 2.7 millones de toneladas de cítricos y a 19.3 millones de jornales, siendo nuevamente los mayores impactos para naranja, con cerca de 2 millones de toneladas y 13.7 millones de jornales; seguida de toronja, con 260 mil toneladas y 1.6 millones de jornales; conjunto de variedades de limón, con 415 mil toneladas y 3.5 millones de jornales; y finalmente mandarina, con 60 mil toneladas y 543 mil jornales.

IX.2. Pérdidas potenciales para la agroindustria cítrica

Se estimaron los indicadores técnicos de la estructura de costos de producción, para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008, tanto para las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) como las transformadoras (extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), los cuales se determinaron a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima, sirviendo de base para la estimación de las pérdidas potenciales en la agroindustria. También se calculó un indicador para la mano de obra directa, en función de las toneladas de cítrico procesadas.

- A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto, la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas procesadoras de cítricos agrios será del 4% frente a un escenario de pérdida bajo, de 9% ante un moderado y de 19% bajo uno alto (reduciendo de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones), a cinco años de establecida la enfermedad; mientras que de cítricos dulces será de 11%, 33% y 48%, respectivamente. La reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas.
- La cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reducirá de 5.95 a 3.18 millones de toneladas, frente a un impacto alto del HLB y a los cinco años de establecido; mientras que la reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras.
- La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima, será de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios. Los empleos directos de la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas (de 7,072 en 2008 a tan solo 3,783 a cinco años de establecido el HLB); mientras que los de cítricos agrios en 485 (de 2,652 a 2,167).
- A tres años de establecido el HLB, la pérdida en el ingreso de las agroindustrias cítricas será de 507, 1,632 y 2,517 millones de pesos de 2008, frente a un riesgo bajo, moderado y alto, respectivamente; mientras que en generación de divisas, mediante exportaciones, de 130, 404 y 645 millones. Por su parte, la pérdida de empleos será a 282 frente a riesgo bajo, 929 ante moderado y 1,396 bajo alto.
- Las pérdidas en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos a cinco años de infestación, de no tomarse medidas preventivas o de control contra dicha enfermedad, para las plantas de cítricos agrios serán de \$1,385 millones de pesos del 2008, bajo un escenario de impacto alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante un bajo; siendo

el mayor impacto para las emparadoras y en menor medida para las procesadoras. Los ingresos brutos de las emparadoras se reducirían \$1,218 millones (bajando de \$6,658 a \$5440 millones de 2008); mientras que los de las empresas procesadoras \$131 millones (de \$720 a \$589 millones).

- El valor de la producción de cítricos dulces se verá mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascenderá a \$1,131 millones frente a un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones bajo riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las emparadoras verán reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008, en presencia de un riesgo alto (de \$8,456 a \$4,524 millones); mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (de \$2,944 a \$1,575 millones), también a cinco años de establecida la enfermedad.
- El impacto que traerá consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, implicará una reducción en el ingreso de divisas al país, de 157 millones de dólares con respecto a 2008, equivalente al 30% (de 505 millones a 348 millones), frente a un riesgo alto y a cinco años de infestación. Los cítricos dulces dejarán de ingresar divisas por 106 millones de dólares, ante un riesgo alto, 73 millones bajo riesgo moderado y 22 millones frente riesgo bajo; mientras que los cítricos agrios por 51, 25 y 10 millones, respectivamente.

IX.3. Pérdidas potenciales para la economía mexicana en su conjunto

Partiendo de los multiplicadores de empleo calculados por el modelo, los impactos estimados directos (para el sector agrícola), los indirectos (para las industrias que abastecen insumos al sector agrícola), así como los inducidos (para la economía en su conjunto por las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB son:

- A un año de la infestación, la pérdida total de empleos de tiempo completo en la actividad citrícola nacional será de 4,105, 17,988 y 27,463, respectivamente, para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascenderá a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16, 50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos/de ingreso (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberán los mayores impactos.
- La pérdida en el valor de la producción nacional será mayor para el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería), dentro de los 10 principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido.
- A cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, la pérdida directa en el valor de la producción del sector primario ascenderá a 3,800 millones de pesos de 2008; mientras que la indirecta a 479 millones, la inducida a 65 millones y la total a 4,343 millones. En orden de importancia seguirá el sector “comercio y reparaciones”; el de “productos alimenticios, bebidas y tabacos”; y el de “otras actividades de negocio”. Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto será de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.
- También el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorberá las mayores pérdidas de empleo, ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector

productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superará en los tres casos. Para la economía en su conjunto y frente a un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.

- El mayor efecto directo y total de salarios lo tendrá el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque las remuneraciones de ese sector tienden a ser más altas que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector productos alimenticios, bebidas y tabaco será mayor.

IX.4. Comparación de medidas preventivas y/o de control contra el HLB en México contra las de otros países.

- En respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticum* en Tizimín, Yucatán en julio del 2009, México respondió inmediatamente con un plan de emergencia para mitigar el riesgo de introducción y dispersión, el cual se contempla en la NOM-EM-047-FITO-2009 que entró en operación.
- La vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ciertas ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas, operación y esquema de financiamiento. Opera actualmente de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *C. Liberibacter* en estatus de exclusión y/o erradicación.
- Los resultados de Brasil y los actuales de México señalan que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, debido a la movilidad aérea del vector y del material propagativo; por lo que la ejecución de acciones contra el vector son imperativas.
- Aunque en Florida se detectó la presencia del vector desde 1998, prácticamente no se ejecutaron acciones, por parte del gobierno, previo a la aparición del patógeno en el 2005, y las que actualmente se desarrollan son de protección mediante control químico y, en menor escala, a través de control biológico del vector.
- En Brasil no es clara la función gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones contra la enfermedad, observándose una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados, siendo en general San Pablo la entidad con mayor inversión privada y estatal destinada al manejo fitosanitario de dichos frutos. En San Pablo, se monitorean e inspeccionan periódicamente los efectos de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad. El patógeno estuvo presente en casi la totalidad de los municipios de dicho estado en 2009.
- En la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*C. Liberibacter*) por medio del método de crio-conservación in vitro (Ding, et al. 2008) teniendo una efectividad del 90%.

IX.5. Recomendaciones

Con base en las conclusiones antes mencionadas, a continuación se presentan las recomendaciones:

- ✓ Que el SENASICA, a través de las instancias correspondientes, otorgue el apoyo necesario para la logística y ejecución de actividades de muestreo, monitoreo y manejo fitosanitario.

- ✓ Fortalecer e implementar un modelo de vigilancia epidemiológica que opere a nivel nacional y regional para el HLB y otras plagas de interés regulatorio de cítricos.
- ✓ Desarrollar y poner en marcha un sistema automatizado de información, con datos históricos y actualizados permanentemente, relativos al clima, medio físico, hospedantes, manejo agronómico, organismos benéficos y dañinos, controles y detecciones en puertos de entrada, etc.
- ✓ Reforzar esquemas de colaboración con otros países para el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto al HLB.
- ✓ De ser necesario, considerar la puesta en marcha de un programa regional preventivo y/o control contra el HLB, entre México, EUA y Centroamérica, por ejemplo.
- ✓ Realizar estudios más específicos para conocer el efecto que podría traer el HLB en la calidad de los frutos y, por tanto, en el porcentaje de jugo, la concentración de azúcares y la acidez.
- ✓ Evaluar el impacto ambiental y la calidad de los cítricos a procesar con respecto a los residuos tóxicos que conservarían por el control químico adicional que se llevará a cabo dentro del manejo del HLB.

X. Referencias Bibliográficas

- Aubert, B. 1987. *Trioza erytreae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42:149-162.
- Aubert, B. 2008. Historical perspectives of HLB in Asia, pp. 16-24. In: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando Fl.
- Beattie, G.A.C., P. Holford, D.J. Mabberley, A.M. Haigh, and P. Broadbent. 2008. On the origins of Citrus, Huanglongbing, *Diaphorina citri* and *Trioza erytreae*, pp. 25-57. In: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando Fl.
- Bellis, G., Hollis, D. and Jacobson, S. 2005. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), and huanglongbing disease do not exist in the Stapleton Station area of the Northern Territory of Australia. *Australian Journal of Entomology* 44: 68-70.
- Berlansky, R.H., Cheng, K.R and Rogers, M.E., 2005. 2007 Florida Citrus Pest Management Guide: Huanglongbing (Citrus Greening). Plant Pathology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Burckhardt, D. 1994. Generic key to Chilean jumping plant-lice (Homoptera: Psylloidea) with inclusion of potential exotic pests. *Rev. Chilena Ent.* 21:57-67. CABI/EPPO. 2001.
- Capoor, S. P., D. G. Rao, and S. M. Viswanath. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap Country and its relationships with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama, pp. 43-49. In: L.G. Weathers and M. Cohen (eds.) Proc. 6th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Riverside, CA.
- Catling HD. 1970. Distribution of the psyllid vector of citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Protection Bulletin* 18: 8-15.
- Catling, H. D. 1970. Distribution of the psyllid vectors of citrus greening disease with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Protection Bulletin*, 18:8-15.
- Cermeli, M., P. Morales, y F. Godoy. 2000. Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* 15(2):235-243.
- Chung, K. R., and R. H. Brlansky. 2006. Citrus diseases exotic to Florida: Huanglongbing (citrus greening). <http://www.edis.ifas.ufl.edu/PP133>.
- Coronado, J. M., E. Ruíz, S. N. Myartseva, y G. Gaona. 2003. *Tamarixia* sp., (Hymenóptera: Eulophidae), parasitoide del psílido Asiático de los cítricos en Tamaulipas, México, pp. 71-73. In: Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico, Guadalajara, Jal., Méx.
- da Graca, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 109-136.

- da Graca, J. V., and L. Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies, pp. 229-245. In: S.A.M.H. Naqvi (ed.) Diseases of fruits and vegetables, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- DGSV. 2005. Presencia del huanglongbing en Florida, EE.UU. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (SENASICA). Dirección General de Sanidad Vegetal. Circular No. 152 (20 septiembre 2005).
- Diaphorina citri. Distribution Maps of Plant Pests, Map No. 334. Wallingford, UK: CAB International.
- Ding, F., Jin, S., Hong, n., Zhong, Y., Cao, Yi. and Wang, G. 2008. Vitricification–cryopreservation, an efficient method for eliminating Candidatus Liberobacter asiaticus, the citrus Huanglongbing pathogen, from in vitro adult shoot tips. Plant Cell Reports 27: 241-250.
- Edwards, T. C. Jr., D. R. Cutler, L. Geiser, J. Alegria, and D. McKenzie. 2003. Assessing rarity of species with low detectability: lichens in pacific northwest forests. Ecological Applications 14 (2): 414-424.
- EPPO/CABI. 1996. Citrus greening bacterium. In: Quarantine Pests for Europe Supplement 1993-1995. Wallingford, UK: CAB International. EPPO. 2005. PQR database (version 4.4). Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- Étienne, J., S. Quilici, D. Marival and A. Franck. 2001. Biological control of Diaphorina citri (Hemíptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported Tamarixia radiata (Hymenoptera: Eulophidae). Fruits. 56: 307-315.
- Flores-Virgen, R., N. Romero-Ramírez y M. Ávalos-Rebolledo. 2006. Avances en la detección de enemigos naturales de la Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) en el estado de Colima. En: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico. Manzanillo, Col., Méx.
- Frank, J. H., and E. D. McCoy. 2007. The risk of classical biological control in Florida. Biological Control 41 (2): 151-174.
- Garnier, M., and J. M. Bové. 1993. Citrus greening disease and the greening bacterium, pp. 212-219. In: P. Moreno, J.V. da Graca, and L.W. Timmer (eds.) Proc. Conf. Int. Org. Citrus Virol., 12th. IOCV, Riverside, CA.
- Garnier, M., and J. M. Bové. 2000. Hunglongbing (Greening), pp. 46-48. In: L.W. Timmer, S.M. Garnsey, and J.H. Graham (eds.) Compendium of citrus diseases. Second Edition. APS. Press. St. Paul, Minnesota.
- Gibson GJ. 1997b. Markov chain Monte Carlo methods for fitting spatiotemporal epidemic stochastic models in plant pathology. Appl. Stat. 46:215-233.
- González, C., D. Hernández, R. I. Cabrera, J. R. Tapia. 2000b. Diaphorina citri Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. 10 pp.
- González, C., M. Borges, O. Castro, D. Hernández, J. L. Rodríguez, and R. I. Cabrera. 2000a. Report of natural enemies of Diaphorina citri Kuw (Homoptera: Psyllidae). In: International Society of Citriculture–Congress 2000. Program and Abstracts. 3-7 December 2000, Orlando FL.
- Halbert, S. E. 1999. Asian citrus psyllid- A serious exotic pest of Florida citrus. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, University of Florida. <http://doacs.state.fl.us/~pi/enpp/ento/dcitri.htm>.

- Halbert, S. E., and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87(3):401-402.
- Halbert, S. E., and K. A. Núñez. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchocha: Psyllidae) in the Caribbean basin. *Florida Entomologist* 87(3):330-353.
- Hoy, M.A., A. Jeyaprakash, and R. Nguyen. 2001. Long PCR is a sensitive method for detecting *Candidatus Liberobacter* spp. in parasitoids undergoing risk assessment in quarantine. *Biological Control* 22 (3):278-287.
- Hoy, M.A., R. Nguyen, and A. Jeyaprakash. 1999. Classical biological control of Asian citrus psylla: Release of *Tamarixia radiata*. *Citrus Industry* 80: 20-22.
- Kika de la Garza Subtropical Agriculture Research Center. Weslaco, Texas. 9 pp. Tsai J. H., and Y. H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *J. Economic Entomology* 93(6):1721-1725.
- Knighten, C., J. Redding, D. Feiber, and L. Compton. 2005. U.S. Department of Agriculture and Florida Department of Agriculture confirm detection of citrus greening. http://www.doacs.state.fl.us/press/2005/09022005_2.html
- Lawless, J. F. 1980. *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. Ed. John Wiley and Sons. New York USA.
- Lopes, S. A., Frare, G. F., Yamamoto, P. T., Ayres, A. J. and Barbosa, J. C. 2007. Ineffectiveness of pruning to control citrus huanglongbing caused by *Candidatus Liberibacter americanus*. *European Journal of Plant Pathology* 119: 463–468.
- López-Arroyo, J. I. 2001. Depredadores de áfidos asociados a los cítricos en Nuevo León, México. In: *Memorias del Congreso Nacional de Entomología*. Sociedad Mexicana de Entomología. Julio de 2001. Querétaro, Qro.
- López-Arroyo, J. I., M. A. Peña, M. A. Rocha-Peña, and J. Loera. 2004. Occurrence of the Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Mexico, pp. 179. In: *XI Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. Abstracts. November 2004. Monterrey, Nuevo León, México.
- López-Arroyo, J.I., J. Jasso, M.A. Reyes, J. Loera-Gallardo, E. Cortez-Mondaca, M.A. Miranda. 2008. Perspectives for biological control of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Mexico. In: *Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing*. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando FL.
- McFarland, C. D., and M. A. Hoy. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist* 84(2): 227-233.
- McKenzie, C. L., and G. J. Puterka. 2004. Effect of sucrose octanoate on survival of nymphal and adult *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 97 (3):970-975.
- Mead, F. 1977. The Asiatic Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Fla. Dept. Agric & Consumer Servi. Division of Plant Industry. Entomol Circular No. 180. 4pp.
- Meyer J. M., M. A. Hoy, and D. G. Boucias. 2007. Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. *J. Invertebr. Pathol.* 95 (2):101-109.

- Meyer, J. M., Hoy, M. A. and Boucias, D. G. 2008. Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. *Journal of Invertebrate Pathology* 99: 96-102.
- Meyer, J.M., and M.A. Hoy. 2008. Molecular survey of endosymbionts in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoids *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Florida Entomologist*. 91: 294-304
- Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Fla. Entomol.* 84: 608-612.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29 (2): 260-269.
- Michaud, J. P., and Browning, H. P. 2002. Three targets of classical biological control in the Caribbean: Success, contribution, and failure. In: *Proceedings of the 1st. International Symposium in Biological Control of Arthropods*. February, 2002. Honolulu, Hawaii.
- NOM-EM-047-FITO-2009. Por las que se establecen acciones fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión de HLB de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp.) en el territorio nacional.
- NOM-006-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, productos y subproductos que se pretenden importar cuando estos no estén establecidos en una norma oficial específica.
- NOM-007-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo.
- NOM-008-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos y especificaciones para la importación de frutas y hortalizas frescas.
- NOM-011-FITO-1995. Por las que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de los cítricos.
- NOM-031-FITO-2000. Por las que se establece la campaña del Virus Tristeza de los Cítricos.
- OEPP/EPPO. 1988. Data sheets on quarantine organisms No. 151, Citrus greening bacterium and its vectors *Diaphorina citri* and *Trioza erytreae*. *EPP/EPPO Bulletin* 18:497-507.
- Qureshi, J. A., Rogers, M. E., Hall, D. G. and Stansly, P. A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* **102**: 247–256.
- Roistacher, C. N. 1991. Techniques for biological detection of specific citrus graft transmissible diseases, pp. 33-45 (greening). *FAO. ROME*.
- Ruíz, E., J. M. Coronado, y S. N. Myartseva. 2005. Plagas de los cítricos y sus enemigos naturales en el estado de Tamaulipas, México. *Entomol. Mex.* 4: 931-936.
- Ruiz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J.M and Myartseva, S.N. 2004. The Asian citrus psyllid in México. University of Tamaulipas, UAM Agronomía y Ciencias, Centro Universitario, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

SIAP.2008. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

Skelley, L. H., and M. A. Hoy. 2004. Synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control* (1): 14-23

Srinivasan, R., Hoy, M. A., Singh, R. and Rogers, M. E. 2008. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with Imidacloprid and Abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera:psyllidae). *The Florida Entomologist* 91: 87-100.

Tang, Y. Q. 1989. A preliminary survey on the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Fujian, pp. 10-16. In: B. Aubert, K. Chung and C. Gonzales (eds.). *Proc. 2nd FAO-UNDP Regional Workshop on the Asian- Pacific Citrus Greening Disease*.

Teixeira D.C., C. Saillard, S. Eveillard, J. L. Danet, P. I. da Costa, A. J. Ayres, J. M. Bové. 2005b. 'Candidatus *Liberibacter americanus*', associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55 (5):1857-1862.

Teixeira D.C., J. L. Danet, S. Eveillard, E. C. Martins, W. C. de Jesus, P. T. Yamamoto, S. A. Lopes, R. B. Bassanezi, A. J. Ayres A, C. Saillard, and J. M. Bové. 2005a. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' *Liberibacter* species associated with the disease. *Mol. Cell Probes* 19 (3):173-179.

Tsai, J.H., J-J. Wang, and Y.H. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. *Florida Entomologist* 85(3):446-451.

Villalobos, W., C. Godoy, and C. Rivera. 2004. Occurrence of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), the vector of Huanglongbing, in Costa Rica. In: *Proceedings of the XVI Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. Monterrey, N.L., Mex., 7-13 November 2004.

Wooler A., D. Padgham, and A. Arafat 1974. Outbreaks and new records. Saudi Arabia. *Diaphorina citri* on citrus. *FAO Plant Protection Bulletin* 22: 93-94.

Xu, C.-F., Y.-H. Xia, K.-B. Li, and C. Ke. 1988. Further study of the transmission of citrus huanglongbin by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, pp. 243-248. In: L. W. Timmer, S. M., and L. Navarro (eds.) *Proc. 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. Riverside, CA.

Zaka, S. M., Zeng, X., Holford, P. and Charles, G. A. 2009. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, on citrus. *Insect Science* 0: 1-7.

Zhou, L.J., D.W. Gabriel, Y.P. Duan, S.E. Halbert, and W.N. Dixon. 2007. First report of dodder transmission of Huanglongbing from naturally infected *Murraya paniculata* to citrus. *Plant Dis.* 91:227.