

Comportamiento de plagas y enfermedad en el cultivo de *Citrus aurantiifolia* (Christm.) y *Citrus latifolia* (Tanaka) en Latinoamérica y Ecuador.

Valeria Mero¹, Angélica Quijije², Jessenia Castro-Olaya³

Resumen: El limón mexicano, *Citrus aurantiifolia* y la lima Tahití, *Citrus latifolia* constituyen cítricos de importancia por su demanda como producto fresco o procesado. En Latinoamérica se produce el 35% de las limas y limones que se consumen en el mundo. Su cultivo podría ser afectado por problemas fitosanitarios exóticos y nativos. El objetivo de esta investigación fue analizar la ocurrencia e impacto de enfermedades y plagas en *C. aurantiifolia* y *C. latifolia* en Latinoamérica. Se realizó una revisión en diferentes bases de datos, como google académico, FAO y EPPO. Las principales enfermedades bacterianas y fungosas reportadas son: el cancro causado por *Xanthomonas citri* ssp. *citri*, antracnosis por *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum acutatum* y gomosis asociadas a, *Phytophthora parasitica*. Entre las virosis destacaron, el virus de la leprosis y de la tristeza de los cítricos, transmitidos por ácaros, *Brevipalpus* spp. y *Toxoptera citricida*, respectivamente. *Phyllocnistis citrella* es considerada una plaga primaria que construye galerías en las hojas deformándolas y afectando el desarrollo. Fueron informados 31 taxones de Coccoidea y cinco de moscas blancas (Aleyrodidae). Sin embargo, uno de los problemas más relevantes es Huanglongbing (HLB) que fue detectado en las Américas en Brasil en el 2004. Es causado por las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp. y transmitido por *Diaphorina citri*. La producción de limas y limones en Latinoamérica ha enfrentado desafíos en el manejo de enfermedades y plagas. Mientras se generan tecnologías para disminuir los daños causados por el HLB y otros problemas fitosanitarios, los citricultores deben emprender estrategias que les permitan manejarlos racionalmente y a la vez mantener los niveles de producción.

Palabras clave: Greening; problemas fitosanitarios; limas ácidas.

Abstract: The Mexican lemon, *Citrus aurantiifolia*, and the Tahiti lime, *Citrus latifolia* are important citrus fruits due to their demand as fresh or processed products. Latin America produces 35% of the limes and lemons consumed in the world. Its cultivation could be affected by exotic and native phytosanitary problems. The objective of this research was to analyze the occurrence and impact of diseases and pests in *C. aurantiifolia* and *C. latifolia* in Latin America. A review was carried out in different databases, such as academic google, FAO and EPPO. The main bacterial and fungal diseases reported are: Canker caused by *Xanthomonas citri* ssp. *citri*, anthracnose due to *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum acutatum* and gummosis associated with, *Phytophthora parasitica*. Among the virosis, the leprosis virus and the citrus tristeza virus, transmitted by mites, *Brevipalpus* spp. and *Toxoptera citricida*, respectively. *Phyllocnistis citrella* is considered a primary pest that builds galleries in the leaves, deforming them and affecting their development. Thirty one taxa of Coccoidea and five of whiteflies (Aleyrodidae) were reported. However, the most relevant phytosanitary problem is Huanglongbing (HLB) detected in the Americas in Brazil in 2004. It is caused by the bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. and transmitted by *Diaphorina citri*. The production of limes and lemons in Latin America has faced challenges in disease and pest management. While technologies are generated to reduce the damage caused by HLB and other phytosanitary problems, citrus growers must undertake strategies that allow them to manage them rationally and at the same time maintain production levels.

Keywords: acid limes; greening; phytosanitary problems.

1. Introducción

El género, *Citrus* es el más importante en la Familia Rutaceae dentro de su grupo incluye limas, limones, naranjas, mandarinas y pomelos (1). Aunque son cultivados en 140 países, la mayor área de cosecha se encuentra en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (2,3). Liu et al. (2) señalan que los cítricos son nativos de Asia, originarios del sudeste, incluyendo China, India, y el archipiélago malayo. No obstante, Wu et al. (1) proponen como centro de origen, las estribaciones del sureste de los Himalayas, en una región que incluye el área oriental de Assam, el norte de Myanmar y el oeste de Yunnan. Entre los cítricos, el limón mexicano, *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle y la lima Tahití o limón persa, *Citrus latifolia* Tanaka destacan debido a la demanda tanto para el consumo fresco como procesado (1).

Entre los mayores cultivadores de limones y limas se encuentran, la India con una producción de 2,6 millones de toneladas (16% de producción mundial), China (15%) con 2,4 millones de toneladas y México (14%) 2,2 millones de toneladas, seguidos de Argentina (9%), Brasil (7%), España (6%), EEUU (5%), Turquía (4%) e Italia (3%) (3). En Latinoamérica se reportan 17 países productores de cítricos de los que resaltan los ya mencionados, México, Argentina y Brasil (Figura 1). Desde la dispersión

de los cítricos a diferentes regiones, el cultivo ha incrementado vertiginosamente, cosechándose en el año 2020, 21,3 millones de toneladas de limas y limones en el mundo, de las cuales, Latinoamérica alcanzó 7,4 millones de toneladas, contribuyendo así con el 34.7% de la producción mundial de estos cítricos (4).

Algunos problemas fitosanitarios pueden afectar la producción de limas y limones, entre estos, los exóticos, como el cancro del tallo causado por *Xanthomonas citri* ssp. *citri* proveniente de la India (5), y está presente en países cítricos, como Argentina, Arabia Saudita, Australia, Brasil, Bolivia, Estados Unidos, Isla Reunión, Omán y Uruguay (6). Igualmente, enfermedades nativas de Latinoamérica, han afectado severamente la producción de cítricos, como la leprosis causada por el *Citrus leprosis virus* (CiLV-C), transmitido por especies de ácaros del género *Brevipalpus*, vectores presentes en varios países, entre estos, Cuba y Ecuador, que están aún libres de la enfermedad (7,8).

La gomosis es otra de las enfermedades de importancia en los cítricos en Latinoamérica, detectada en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela, cuyo agente causal, en unos países es *Phytophthora parasitica* Heinrich, mientras que en otros países reportan a *P. citrophthora* R. E. Sm & E. H. Sm. (9–13). La muerte regresiva causada por *Lasioidiplodia* sp. también afecta a *C. latifolia* (14).

Por otro lado, daños por insectos plagas también han sido informados para América y el mundo (15). La mosca blanca algodonosa, *Aleurothrixus floccosus* Mask (16) y el minador de los cítricos *Phyllosnictis citrela* Stainton (10) de origen neotropical y asiático, respectivamente, se encuentran distribuidos en todos los países de Latinoamérica (17). Por su parte, el psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama, plaga originaria de Asia, sudeste de India (18) está presente en todos los países de Latinoamérica, con excepción de Chile y Perú (17); el cual es el vector de las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp., causantes de la enfermedad dragón amarillo o Huanlongbing (19).

Debido a las continuas invasiones de nuevas regiones geográficas, así como, por las prácticas de manejo utilizadas, a través del tiempo, la incidencia de las enfermedades y plagas en el cultivo de limas y limones, ha ido variando, incluso el impacto de daño podría ser más devastador en una región que en otra. El presente trabajo, tiene como objetivo analizar la ocurrencia e impacto de las enfermedades y plagas en países de Latinoamérica, en cultivos de *C. aurantiifolia* y *C. latifolia*.

2. Materiales and Métodos

El trabajo consistió en una revisión bibliográfica, para lo cual se usaron bases de datos Springer, Scielo, Latindex, Dialnet, Google Académico, entre otras. Las palabras claves introducidas como criterio de revisión fueron: *Citrus latifolia*, *Citrus aurantiifolia*, plagas, enfermedades, Latinoamérica, Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay, Venezuela. También se revisaron las bases de datos de la FAO y de la Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal (EPPO, siglas en inglés).

3. Resultados y discusión

3.1. Introducción y distribución de *Citrus aurantiifolia* y *Citrus latifolia* en Latinoamérica

Aunque existe una diversidad de cítricos, las tres especies ancestrales comestibles son: la cidra, *Citrus medica* L., el pomelo, *Citrus maxima* Merr. y la mandarina, *Citrus reticulata* Blanco y los otros constituyen híbridos (3). *Citrus aurantiifolia* es una especie de naturaleza híbrida, en la que *C. medica* es uno de los principales contribuyentes al genoma y se estima que el otro progenitor es el cítrico silvestre, *Citrus micantha* Wester (20). Es conocido como limón mexicano, siendo originario de la península de Indo-Malasia, y representa el tipo básico de limas más producidas en el mundo (21). El fruto es pequeño, y la presencia de muchas semillas ha limitado su comercio internacional como frutas frescas, debido a la preferencia por limas grandes y sin semillas (20).

Por su parte, *C. latifolia*, se sugiere que es el resultado de la fertilización de un óvulo haploide de *Citrus limon* (L.) por un gameto diploide de *C. aurantiifolia* (22) cuyo fruto es más grande que el de este último, ovalado y sin semillas (23). Es conocida como lima Tahití o limón persa, debido a que ingresó a los Estados Unidos desde Tahití entre 1850 y 1880; su origen es desconocido,

pero su nombre sugiere ser mediterráneo, habiendo sido introducido allí a través de Persia (20). Fue introducido a México durante la época de la colonización española y de allí se extendió a diferentes regiones de las Américas (21).

3.2. Principales enfermedades y plagas asociadas a limas y limones

Los cítricos albergan una amplia diversidad de artrópodos plagas y patógenos, algunos de los cuales han alcanzado distribuciones pandémicas. Esta revisión incluye aquellos que han generado pérdidas importantes en la producción de cítricos con énfasis en *C. aurantiifolia* y *C. latifolia*. Se mencionan las enfermedades por agentes etiológicos: bacterias, hongos y virus, así como, los vectores de enfermedades; mientras que las plagas que causan daños directos serán separadas en los insectos y ácaros relevantes.

3.2.1. Enfermedades causadas por bacterias

Cancro de los cítricos. *Xanthomonas citri* ssp. *citri* (sinónimo: *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*) es el agente causal del cancro de los cítricos (CC). Ference et al. (24) refieren que el CC, se observó por primera vez en EE.UU durante un brote que ocurrió a principios 1900 en varios estados del sureste, a partir del cual, la investigadora Carla Hasse aisló una bacteria, la caracterizó y realizó experimentos de patogenicidad, nombrandola *Pseudomonas citri*; pero subsecuentemente la bacteria fue incluida en varios géneros: *Bacterium*, *Phytomonas* y, finalmente, en el género, *Xanthomonas* en 1939 en el que se identificó la especie como *Xanthomonas citri* (24).

Las plantas enfermas presentan lesiones necróticas conspicuas que se desarrollan en hojas, ramas y frutos provocando hipertrofia e hiperplasia (6,24). El cancro causa pérdidas de frutos que van desde su caída prematura por abscisión hasta la pérdida de calidad comercial y, por tanto, el daño del fruto es considerado económicamente importante debido a que no son aceptables para el mercado fresco (6). El principal hospedero del CC es *C. aurantiifolia* (17) y en Latinoamérica se encuentra circunscrita a Argentina, Bolivia, Brasil y Uruguay (17,24).

3.2.2. Enfermedades causadas por hongos

Antracnosis. La antracnosis de los cítricos es causada por varias especies de *Colletotrichum* que inducen necrosis de pétalos, retención de cálices, caída prematura de frutos, muerte regresiva de las ramas, entre otros (antracnosis precosecha) y antracnosis poscosecha (25,26). Adicionalmente, la antracnosis precosecha en *C. aurantifolia* ocasiona lesiones necróticas en hojas, frutos, ramas, flores, y tizón de brotes enteros (27). Esto representa severos problemas en la citricultura mundial ya que las manifestaciones de la antracnosis precosecha reducen el rendimiento, y la poscosecha afecta la calidad de los frutos, impactando negativamente la comercialización y exportación (26).

La identificación de especies de *Colletotrichum* basada en los caracteres morfológicos ha sido difícil debido a varios factores, tales como, la influencia del medio ambiente, la estabilidad de las estructuras, la existencia de formas intermedias y la falta de estandarización de las condiciones de cultivo utilizadas en los diferentes estudios (25). No obstante, el uso de técnicas moleculares, ha fortalecido, la taxonomía de especies de *Colletotrichum* (26).

En Latinoamérica, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. ha sido identificada causando antracnosis en limas y limones en México (28), Brasil (25) y Venezuela (29), mientras que, *Colletotrichum acutatum* Simmonds se ha diagnosticado en México (30), Brasil, Costa Rica, República Dominicana (27) y Venezuela (29). Más recientemente, la antracnosis en *C. aurantiifolia* también ha sido relacionada con *Colletotrichum siamense* Prihastuti en México (28). En Ecuador se han observado daños en hojas y flores de *C. aurantiifolia* causados por *Colletotrichum* sp. (31).

Gomosis. La gomosis de los cítricos puede ser causada por varias especies de *Phytophthora* (*P. parasitica* Dastur, *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Sarej., *P. citricola* Sawada, *P. palmivora* Butler, entre otras), las cuales no responden de igual forma a las estrategias de control (11), pero también se ha demostrado que especies del género, *Lasiodiplodia* pueden causar gomosis en cítricos (14,32).

Rajput et al. (33) sintetizaron los síntomas característicos de la gomosis. Induce la formación de material gomoso en el tronco y ramas, así como, podredumbre de raíces. Los árboles adultos muestran síntomas de decaimiento, muerte regresiva de ramas, frutos descoloridos, clorosis y marchitez de las hojas. Las grietas y canchales son visibles en las cortezas, ramas y troncos y exudan

goma. En raíz primaria y la corona de los árboles se observa necrosis, que, con el incremento de la severidad, las lesiones necróticas se expanden y resultan en la muerte del árbol.

En México, la enfermedad es ocasionada por *P. parasitica* y se ha observado en cultivos de *C. latifolia* causando rajaduras en el tallo, canchales en la base del tallo y pudriciones de fruto (11). En Colombia, en árboles de *C. latifolia*, la enfermedad causada por *Phytophthora* spp. se caracteriza por la producción de exudados de goma resinosa sobre el tallo (40 o 50 cm de su base) o ramas principales que está acompañada de una necrosis que causa agrietamiento, abundante exudado ámbar o marrón oscuro, y formación de canchales (34). Rodríguez et al. (35) indicaron que la gomosis causada por especies de *Phytophthora*, constituye una de las principales enfermedades que afecta el limón pérsico en El Salvador. Más recientemente, síntomas de gomosis, canchales y muertes descendentes de ramas también han sido asociados en México a tres especies de *Lasiodiplodia*, *L. citricola* Abdollahzadeh, *L. pseudotheobromae* A.J.L. Phillips y *L. theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. afectando significativamente la rentabilidad de *C. latifolia* (14).

3.3.3. Enfermedades transmitidas por vectores

Leprosis de los cítricos. Es una de las enfermedades virales de mayor importancia económica para los cítricos en Latinoamérica, en donde está restringida. Es causada por un grupo heterogéneo de virus de ssRNA, no sistémicos, de tipo citoplasmático o nuclear y ambos resultan en síntomas similares (36). Dos variantes, *Citrus leprosis virus C* (CiLV-C), y *Citrus leprosis virus C2* (CiLV-C2) existen en el tipo citoplasmático y pertenecen al género *Cilevirus*, mientras que los dos tipos de virus nuclear, *Citrus leprosis virus N* (CiLV-N) y *Orchid fleck virus* (OFV) están incluidos en el género *Dichorhavirus* (37).

Ramos-González et al. (37) señalaron que la enfermedad se caracteriza por la producción de manchas necróticas o cloróticas foliares, así como, manchas en ramas y frutos, que conllevan a la caída prematura de hojas y frutos, muerte regresiva de ramas y, en ocasiones, a la muerte de la planta, especialmente, en los cítricos más jóvenes. La disminución del rendimiento de los huertos enfermos y los costos para prevenir o manejar los focos de infección de leprosis hacen que la enfermedad implique un aumento en los costos económicos con efectos adversos sobre la citricultura.

La naranja, *Citrus sinensis* Osbeck es considerada una hospedera susceptible a la leprosis (38). En contraste, a las limas y limones se les atribuye resistencia a esta enfermedad (38). De hecho, hasta ahora, solo han sido detectados CiLV-C y OFV en muestras de plantas de *C. aurantiifolia* y *C. latifolia* colectadas en varios estados de México (36,39).

Estas virosis son transmitidas por ácaros del género *Brevipalpus* (Trombidiformes: Tenuipalpidae) (36), y han sido detectadas sobre limas y limones en varios países de Latinoamérica. Asociado a *C. latifolia* se reportan las especies, *Brevipalpus yothersi* Baker (= *Brevipalpus phoenicis*) en Brasil (40), Colombia (41), México (36) y Venezuela (42), *Brevipalpus californicus* (Banks) en México (36), *Brevipalpus papayensis* Baker y *Brevipalpus obovatus* (Geijskes) en Colombia (41). En Puerto Rico la especie *B. yothersi* ha sido encontrada tanto en *C. aurantiifolia* como en *C. latifolia* (43).

Virus de la tristeza de los cítricos (CTV). Perteneciente al género *Closterovirus* en la Familia Closteroviridae, es el agente causal de devastadoras epifitias que cambiaron el rumbo de la industria cítrica (44). Se estima que la primera gran dispersión del CTV ocurrió en el siglo XIX coincidiendo con mejoras importantes en el transporte marítimo que permitieron que numerosas plantas cítricas fueran trasladadas de Asia a otras regiones, en el que el virus interactuó con nuevas variedades y combinaciones de plantas hospederas, bajo diferentes condiciones climáticas y ambientales (44).

González et al. (45) resumieron los daños causados por CTV en Suramérica. En esa región, la primera epidemia grave de tristeza provocó la disminución de grandes plantaciones jóvenes de naranjas dulces, *C. sinensis* injertadas sobre naranja agria, *Citrus aurantium* L. En 1930 más de 10 millones de árboles en plena producción se perdieron en seis provincias de Argentina. En Perú, desde el descubrimiento de CTV en la década de 1950, las plantaciones de cítricos en portainjertos de *C. aurantium* han disminuido hasta el punto de la improductividad. Es así que, en Brasil, cerca de 20 millones de cítricos fueron destruidos o quedaron improductivos en la década de 1930 y 1940, mientras que, en Venezuela, murieron cerca de 6,6 millones de árboles en la década de 1980, lo que se ilustra en la foto tomada para la época (Figura 2).

Este virus replica en células del floema en especies de plantas de la familia Rutaceae, Pedraza et al. (46) indicaron como síntomas, aclaramiento de las nervaduras en las hojas jóvenes y maduras y el ahuecamiento de las hojas, taponamiento de la vena principal,

encorchado a las nervaduras secundarias de las hojas y la muerte de los nuevos brotes, mientras que en los tallos los síntomas se caracterizan por la presencia de estrías o acanaladuras longitudinales en el xilema con proyecciones puntiagudas de la corteza, las que calzan perfectamente con las cavidades presentes en la madera (46).

La infección de *C. latifolia* por el CTV con el tiempo, puede llegar al 100% de incidencia y la producción va mermando, pudiendo llegar hasta un 93% (47). El CTV se ha dispersado a la mayoría de los países de Latinoamérica y en limas y limones ha sido detectado en Colombia (48), El Salvador (35), México (21), Paraguay (45), República Dominicana (49) y Venezuela (29).

El CTV es transmitido de forma semipersistente por varias especies de áfidos, entre las que, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Figura 3), constituye la más eficiente transmisora (44,46). Este fitófago es de origen asiático y entre sus principales plantas hospederas destaca *C. aurantiifolia* y está distribuido en todos los países de Latinoamérica (17). Además de vectorizar CTV, *T. citricida* y otras especies de áfidos asociadas a cítricos, como *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe y *Aphis spiraecola* Patch. (Hemiptera: Aphididae) extraen la savia de las plantas, ocurren preferentemente en las hojas jóvenes y pueden ocasionar deformaciones de los brotes (15).

Huanglongbing (HLB). El HLB es considerada la enfermedad más devastadora de los cítricos, cuyo nombre fue dado por los agricultores y significa huang: amarillo, long: dragón, bing: enfermedad, es decir, enfermedad del dragón amarillo (19). Fue reportada por primera vez en 1919 en China con el nombre del brote amarillo y en 1929 se detectó en África, en naranja dulce, catalogándose como la enfermedad del enverdecimiento e indicando que el agente causal era un virus vectorizado por el psílido africano, *Trioza erytrae* Del Guercio (Hemiptera: Tryozidae), mientras que en la India señalaron que el transmisor del virus era el psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (19).

Los síntomas de HLB son prácticamente los mismos en cualquier región donde ocurra la enfermedad. Las plantas infectadas muestran una condición moteada con manchas en las hojas que resulta en el desarrollo de brotes amarillos, el síntoma característico de la enfermedad (19). Los árboles en declive son achaparrados y dan pocos frutos, de tamaño pequeño y deformes (ladeados), de color pobre (reverdecimiento) y con una decoloración que comienza en el extremo peduncular (19). Mediante estudios histológicos y moleculares de cítricos enfermos se determinó que el agente causal correspondía a una bacteria y no a micoplasmas (50), sugiriéndose para la India y Suráfrica los nombres de, *Candidatus Liberobacter asiaticus*, y *Candidatus Liberobacter africanus*, bacterias presentes en la hemolinfa y glándulas salivales de los vectores, *D. citri*, y *T. erytrae*, respectivamente (50).

En Latinoamérica, inicialmente la enfermedad se observó en Brasil en el año 2004, identificándose dos especies, *Ca. L. asiaticus* y *Candidatus Liberobacter americanus* en menor y mayor proporción, correspondientemente, sugiriendo, que esta última es originaria de América, cuyo vector es *D. citri* (51). Para septiembre del 2005, la enfermedad se había dispersado al Condado de Miami de donde se propagó a toda Florida (52) y en Cuba, el HLB se observó en el 2006 en la Habana en varias especies de cítricos, incluyendo *C. aurantiifolia* y *C. latifolia* (53).

En el periodo 2008-2013, diez países latinoamericanos diagnosticaron la enfermedad en cítricos de traspatio y comerciales. Así, en República Dominicana en el 2008 fueron observados síntomas inusuales en árboles de *C. aurantiifolia* en municipio de Luperón, provincia de Puerto Plata, cuyos análisis moleculares de hojas sintomáticas confirmaron la presencia de la bacteria, *Ca. L. asiaticus* (54). En México y Puerto Rico se informó su detección en 2009 (55,56) y el año siguiente fue reportada la presencia en Honduras, Guatemala y Nicaragua (57). En Costa Rica, el HLB fue detectado en el 2011 en la localidad de Chiles, Alajuela (58) y en el 2012 la enfermedad se encontró en la localidad de Misiones, Argentina (59). En el 2013, Paraguay (60) y El Salvador (61) informaron la presencia de la enfermedad en sus respectivos territorios.

En el 2015 a partir de muestras de *Citrus* sp. fue confirmada la presencia de *Ca. L. asiaticus* en Colombia (62) y dos años después en Venezuela (63). Mientras tanto En Latinoamérica, hasta ahora solo se ha detectado *Ca. L. americanus* en Brasil y en el resto de los países latinoamericanos está presente *Ca. L. asiaticus*. Es de resaltar que, aunque en Uruguay, Bolivia, Ecuador y no se ha detectado la enfermedad (Figura 4A), el vector para las Américas, *D. citri* ha sido observado previamente (57,64), mientras que en Chile y Perú aún no se reporta ni la enfermedad ni el vector (Figuras 4A, 4B).

El psílido asiático de los cítricos, *D. citri* (Figura 5) causa daños directos al succionar la savia de hojas maduras y los brotes tiernos, tanto los adultos como las ninfas, respectivamente (65). Las infestaciones severas en huertos y jardines por la succión de la savia conducen al marchitamiento, distorsión y pérdida de hojas inmaduras y copas de formas irregulares (66). En América, el primer reporte de *D. citri*, se informó para Brasil en 1942 (65), asociado a diversos cultivos. Para 1984 ya estaba presente en la provincia Entre Ríos en el noreste de Argentina (67). En 1988 fue informada su presencia en Honduras por Burckhardt y Martínez (68). Para el año 1991, el insecto estaba en Uruguay (17) y en 1999 el psílido fue detectado en Cuba y Venezuela (17,69). En el período 2001 – 2005, el psílido fue detectado en cítricos de República Dominicana, Puerto Rico, México, Paraguay, Bolivia, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Figura 4B) (17,57,70). En Colombia su presencia se informó por primera vez en el año 2007 (71) y en el año 2009 se detectó en El Salvador y Guatemala (61). Ecuador es el último país de Latinoamérica donde se detectó *D. citri* en el año 2013 (64), y recientemente se ha encontrado afectando plantaciones de *C. aurantiifolia* de la zona costera (72).

Aunque en Brasil *D. citri* está presente desde 1942, fue 62 años después que se estableció el HLB. Esto ha sido atribuido a un probable equilibrio biológico ejercido por artrópodos depredadores sobre este insecto vector (15). En Venezuela, Honduras y Argentina, la diferencia entre el establecimiento del insecto vector y la enfermedad fue de 18, 22 y 28 años, respectivamente, mientras que en el resto de los países fue de 4 a 8 años. La rapidez con que se ha establecido la enfermedad después del ingreso del vector podría estar asociada al movimiento de plantas dentro de los países (15).

3.3.4. Insectos y ácaros

Cochinillas o escamas (Hemiptera: Coccoidea) (Figura 6). Los Coccoidea representan uno de los más grandes grupos de insectos asociados con *Citrus* (Rutaceae) que dañan las plantas directamente succionando savia, e indirectamente inyectándoles saliva tóxica, transmitiendo patógenos, atrayendo de hormigas o generando el desarrollo de fumagina que interfiere con la fotosíntesis; y como consecuencia de sus daños directos e indirectos los cítricos pueden perder su valor comercial (73).

En esta revisión se encontraron 31 taxones de escamas relacionados con limas y limones (Tabla 1), de las cuales cinco pertenecen a la familia Coccidae, 22 a Diaspididae, dos a Monophlebidae, uno a Ortheziidae y uno a Pseudococcidae. Los países en los que están registradas esas especies asociadas a *C. aurantiifolia* y *C. latifolia* son Brasil, Colombia, Panamá, Perú y El Salvador.

Tabla 1. Especies de Coccoidea asociados a *Citrus aurantiifolia* (CA) y a *Citrus latifolia* (CL) en algunos países de Latinoamérica.

Familia	Especie	Hospedera	País	Referencia
Coccidae	<i>Ceroplastes floridensis</i>	CA	Perú; Brasil	(73,74)
	<i>Coccus hesperidum</i>	CA	Perú	(74)
	<i>Coccus viridis</i>	CA	Perú, Brasil	(73,74)
	<i>Saissetia coffeae</i>	CA	Brasil, Panamá Perú	(74–76)
	<i>Saissetia oleae</i>	CA	Perú	(73,74)
Diaspididae	<i>Acutaspis scutiformis</i>	CA, CL	Brasil, Colombia	(73,77)
	<i>Aonidiella aurantii</i>	CA	Brasil	(78)
	<i>Aonidiella comperei</i>	CL	Colombia	(79)
	<i>Aspidiotus nerii</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Aulacaspis tubercularis</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Chrysomphalus aonidum</i>	CA, CL	Brasil, El Salvador	(35,73)
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Hemiberlesia lataniae</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Hemiberlesia palmae</i>	CA, CL	Perú, Colombia	(74,77)
	<i>Ischnaspis longirostris</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Lepidosaphes becki</i>	CA, CL	Perú, Colombia	(74,77)

	<i>Lepidosaphes gloverii</i>	CA, CL	Brasil, Colombia	(73,77)
	<i>Lopholeucaspis</i> sp.	CL	Colombia	(77)
	<i>Melanaspis smilacis</i>	CA	Brasil	(73)
	<i>Parlatoria cinerea</i>	CA	Brasil	(73)
		CL	Colombia	(77)
	<i>Parlatoria pergandii</i>	CL	Colombia	(77)
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	CA, CL	Brasil; Colombia	(73,77)
	<i>Pinnaspis aspidistrae</i>	CA, CL	Perú Brasil, Colombia	(73,74,77)
	<i>Pinnaspis strachani</i>	CA, CL	Perú, Colombia	(74,77)
	<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	CA, CL	Brasil, Colombia	(73,77)
	<i>Selenaspis articulatus</i>	CA, CL	Perú, Colombia	(74,77)
	<i>Unaspis citri</i>	CA, CL	Brasil, Colombia	(73,77)
Monophlebidae	<i>Crypticerya multicatrices</i>	CA, CL	Colombia	(79)
	<i>Icerya purchasi</i>	CA	Perú	(74)
Ortheziidae	<i>Praelongorthezia praelonga</i>	CA	Brasil	(73)
Pseudococcidae	<i>Ferrisia virgata</i>	CA	Brasil	(73)

Aleiroididos (Hemiptera: Aleyrodidae). Soto y García (16) refieren que plantas del género *Citrus* son infestadas, por más de 60 especies de aleiroididos (moscas blancas) de las cuales, son plagas importantes, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Figura 7A), *Aleurothrixus floccosus* Maskell (Figura 7B) y *Dialeurodes citri* Ashmead. Al igual que lo que ocurre con otros insectos chupadores, los daños se producen cuando las ninfas penetran con sus estiletes los tejidos foliares para succionar la savia y como consecuencia de su forma de alimentación, se producen grandes cantidades de melaza, que pueden contaminar los frutos o cubrir la superficie foliar provocando fumagina (16).

Cinco taxones de aleiroididos (Hemiptera: Aleyrodidae) fueron encontrados asociados a limas y limones. *Aleurothrixus floccosus* Maskell se ha mencionado dañando árboles de *C. latifolia* en Brasil y Colombia (77,80) mientras que en Ecuador infesta plantaciones de *C. aurantiifolia* (81). Por su parte, *D. citri*, *A. woglumi*, *Paraleyrodes* sp. y *Paraleyrodes bondari* Peracchi afectan *C. latifolia* en Brasil, Colombia y Panamá (76,77,80).

El minador de las hojas de cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Figura 8A-C). Esta especie, originaria del sureste Asia, representa un caso relevante de invasión global, la cual comenzó su dispersión en la década de 1990 cuando fue detectada en Florida, EEUU y en menos de 20 años, invadió todas las regiones cítricas en el mundo convirtiéndose en una de las principales plagas (82). Se alimenta del mesófilo y construye minas serpentinas principalmente en el envés de las hojas jóvenes, y cuando las infestaciones son altas, ocurre necrosis, así como, caída de las hojas, y en consecuencia disminución de la fotosíntesis (82). Adicionalmente, las heridas causadas por *P. citrella* en las hojas proporcionan un punto de entrada para un número de patógenos, incluida la bacteria asiática invasora *X. citri* ssp. *citri*, causante el cancro de los cítricos (82).

Aunque su presencia ha sido ampliamente informada en cítricos de Latinoamérica desde la década 1990 (17), los efectos adversos sobre limas y limones del minador, *P. citrella* han sido reportados en pocos países. Sobre *C. aurantiifolia* destacan sus daños en México (83), Ecuador (81) y Perú (74), mientras que se informa como plaga relevante de *C. latifolia* en México (84), Colombia (85), Brasil (75) y El Salvador (35).

Ácaros. Los ácaros son un grupo de artrópodos, asociados al cultivo de limón, de los cuales, algunos son plagas de importancia económica (40), entre estos, resaltan los daños en cítricos causados por especies dentro de las Familias: Eriophyidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae y Tetranychidae (86).

En la Familia Eriophyidae, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead infesta ramas, hojas y frutos de cítricos comerciales, causando pérdidas significativas de rendimiento, en el que el mayor daño ocurre con el bronceado del epicarpio (Figura 8F), que reduce

la calificación del fruto para el mercado fresco (87). Por su parte, *Polyphagotarsonemus latus* (Tarsonemidae), es un ácaro polífago que se alimenta sobre aproximadamente 60 especies de plantas, y es considerado una plaga en numerosos cultivos en regiones tropicales y subtropicales del mundo (86). Especies dentro de la Familia Tenuipalpidae (*Brevipalpus*) inyectan saliva tóxica en los tejidos de frutos, hojas, tallos y brotes de cítricos (88), mientras que en la Familia Tetranychidae existen alrededor de 1.250 especies e incluye varias plagas (89).

Tabla 2. Taxones de ácaros fitófagos relacionados con *Citrus aurantiifolia* (CA) y a *Citrus latifolia* (CL) en algunos países de Latinoamérica.

Familia	Especie	Hospedera	País	Referencia
Eriophyidae	<i>Phyllocoptruta oleivora</i>	CL, CA	Colombia, Brasil, El Salvador, Perú, Venezuela	(35,40,42,74,86)
Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	CA, CL	Colombia, Ecuador, Perú	(74,86,91)
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus californicus</i>	CL	Colombia	(36)
	<i>Brevipalpus obovatus</i>	CL	Colombia	(41)
	<i>Brevipalpus papayensis</i>	CL	Colombia	(41)
	<i>Brevipalpus yothersi</i>	CA, CL	Brasil, Colombia, México, Puerto Rico, Venezuela	(36,40–43)
Tetranychidae	<i>Eutetranychus banksi</i>	CA, CL	Colombia, Ecuador	(41,91)
	<i>Panonychus citri</i>	CL	Brasil, Colombia	(40,41)
	<i>Schizotetranychus hindustanicus</i>	CL, CA	Venezuela	(90)
	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	CA	Perú	(74)
	<i>Tetranychus mexicanus</i>	CL	Venezuela	(42)
	<i>Tetranychus</i> sp.	CL	Brasil, Colombia	(40,41)
	<i>Tetranychus urticae</i>	CA	Ecuador	(91)

En este estudio se encontraron 13 taxones de ácaros fitófagos relacionados con limas y limones en ocho países de Latinoamérica, cinco del sur y tres de centro América (Tabla 2). En la Familia Eriophyidae se encontró la especie, *P. oleivora* cuya importancia ya fue descrita. Asimismo, se describió la importancia de *P. latus* (Tarsonemidae). En la Familia Tetranychidae se detectó el mayor número de especies (siete en total), seguido de la Familia Tenuipalpidae con cuatro especies de *Brevipalpus* (Tabla 2) cuya importancia por sus daños directos como por la transmisión de leprosis ha sido previamente señalada.

Todos los géneros de ácaros listados, se encuentran distribuidos en la mayoría de los países latinoamericanos bien sea afectando limas y limones u otros cítricos, con excepción de *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst) (Figura 8D y E). Esta especie se describió originalmente a partir de cítricos del sur de la India desde hace casi 80 años; sin embargo, en el año 2005, sorprendentemente fue encontrada en el noroeste de Venezuela y poco después en Colombia y Brasil (90).

3.3.5. Impacto de las enfermedades y plagas en *Citrus aurantiifolia* y *Citrus latifolia* en Latinoamérica

La cosecha de limas y limones en Latinoamérica representa el 35% de la producción mundial de estos cítricos, destacando México, Argentina, Brasil, como mayores productores de estos cultivos (2,8 a 1,5 t) (FAO, 2022). Un segundo grupo en la región está conformado por Perú, Colombia, Chile y Venezuela (315000 a 86000 t) seguido de Uruguay, Republica Dominicana, Costa Rica, Bolivia, Ecuador, Honduras y El Salvador. Esto destaca la importancia de la región como productora de estos cítricos y el impacto que pueden tener los problemas fitosanitarios reseñados.

En la citricultura latinoamericana (incluido el cultivo de limas y limones) han ocurrido algunas epidemias de plagas y enfermedades que han impactado severamente la producción a lo largo del tiempo. Así, entre 1930 y 1980, aproximadamente 40 millones de árboles de cítricos murieron en Argentina, Brasil y Venezuela debido una epidemia generada por el Virus de la Tristeza de

los cítricos, favorecida por la existencia de un vector eficiente, *T. citricida* y al extenso uso de *C. aurantium* un patrón extremadamente susceptible a la enfermedad (46). Aunque, el CTV está distribuido en toda Latinoamérica, actualmente, la resistencia genética, el uso de patrones tolerantes, así como, el control químico y biológico del vector, constituyen las estrategias de manejo que han disminuido el impacto de esta enfermedad en regiones cítricas (46,92). En ese período, también *Brevipalpus* spp. (Acari: Tenuipalpidae) constituían plagas claves debido a la transmisión del virus de la leprosis de los cítricos, sin embargo, sus poblaciones eran manejadas con base a criterios de niveles de daño económico, asperjando acaricidas, los cuales además de ser efectivos, eran considerados específicos y con poco impacto sobre los enemigos naturales (15). Entonces, plagas y enfermedades eran manejadas con aplicaciones selectivas de plaguicidas, hasta la llegada del HLB en Brasil en el año 2004, lo que cambió drásticamente la situación (15). Curiosamente, aunque el HLB se detectó en Brasil, la mitad de los países suramericanos (Bolivia, Chile, Ecuador, Uruguay y Perú) todavía no reporta la enfermedad en sus territorios.

A pesar de ello, el manejo de plagas en cítricos en Latinoamérica a partir de la detección del HLB cambió dramáticamente. Se trata de una enfermedad devastadora, y su vector, *D. citri* es capaz de infectar con HLB un gran número de plantas y matarlos en un tiempo relativamente corto (15). Así, en respuesta a esta amenaza, en vez de realizar aspersiones de plaguicidas basados en niveles de daño económico, el uso de insecticidas órgano-sintéticos se intensificó, llegando a realizarse en algunos países, 36-40 aspersiones al año (15). Se asumía que estas aplicaciones también controlaban otras plagas, pero desafortunadamente, comenzaron a ocurrir incrementos poblacionales como consecuencia del desarrollo de resistencia y desequilibrios ecológicos tanto de *D. citri* como de otros insectos y ácaros (15).

Tal como fue referido en esta revisión, la mayoría de las enfermedades y plagas de importancia se han dispersado desde sus centros de origen en otros continentes, hacia los países citricultores de Latinoamérica, pero también existen otras que son propias de las Américas. En cualquier caso, las enfermedades y plagas transfronterizas emergentes pueden afectar la seguridad alimentaria para un considerable número de países; dependiendo de la facilidad de propagarse y alcanzar proporciones de epidemia (93).

La principal estrategia de gestión de enfermedades y plagas transfronterizas, es la prevención y una vigilancia efectiva (93). Entre las medidas de prevención, está la detección temprana y dependiendo de los riesgos de invasiones biológicas se establecen programas de cuarentena (94). Sin embargo, en ocasiones, una cuarentena podría convertirse en una medida de control descoordinada, impuesta por una autoridad central, que evalúa las compensaciones entre beneficios y costos, excluyendo a agricultores no supervisados, que ponen el riesgo la medida (94).

Los reportes de las plagas cuarentenarias establecidas en países, señalan que muchas de estas finalmente son introducidas y se establecen en los países citricultores, causando un impacto económico en la producción, el cual varía, de acuerdo a las condiciones biológicas y abióticas de cada país en función de la plaga (93). Generalmente el análisis del impacto económico está en función de la producción, sin embargo, esta tiene un efecto en los precios y mercados, el comercio, seguridad alimentaria y nutrición, salud y medio ambiente y costos financieros (93).

4. Conclusiones

La primera defensa contra problemas fitosanitarios en una región debe estar constituida por medidas que tiendan a evitar o retardar el ingreso de un patógeno o artrópodo plaga en una región geográfica. Como siguiente, es necesario, la implementación de tácticas de manejo que tiendan a frenar la dispersión dentro de los territorios o finalmente la reducción del impacto de los problemas fitosanitarios establecidos con estrategias sostenibles. Aunque las aplicaciones de plaguicidas órgano-sintéticos constituye la medida más común y frecuente, está fehacientemente demostrado que el excesivo uso de estos productos, genera desequilibrios ecológicos, incrementos vertiginosos de plagas y el fenómeno de la resistencia. Por estas razones, es necesario reemplazar paulatinamente el uso frecuente de plaguicidas de amplio espectro por bioplaguicidas o plaguicidas de menor impacto mientras se generan las tecnológicas genéticas para el manejo del HLB y otros problemas fitosanitarios. Los citricultores tienen el gran desafío de manejar racionalmente estos problemas manteniendo los niveles de producción.

Materiales complementarios:

Figuras: Si; Tabla Si.

Contribuciones de las autoras:

VM: conceptualización, investigación, metodología, escritura — preparación del borrador original; **AQ:** conceptualización, investigación, metodología, escritura — preparación del borrador original; **JCO:** conceptualización, metodología, supervisión, escritura—revisión y edición; **DTC:** investigación visualización, validación, supervisión, escritura—revisión y edición. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Figuras:

Figura 1. Producción (toneladas) de limas y limones en Latinoamérica. Fuente: FAO, 2022.

Figura 2. Vista aérea de árboles de naranja, *Citrus sinensis* L. Los árboles de color marrón muestran los muertos por el virus de la tristeza. Notese el avance de la enfermedad. Foto: Valles centrales de Venezuela.

Figura 3. Colonia del áfido, *Toxoptera citricida* sobre brote de *Citrus aurantiifolia*.

Figura 4. Dispersión (en años) del psílido asiático, *Diaphorina citri* y del Huanglongbing en Latinoamérica.

Figura 5. El psílido asiático, *Diaphorina citri*. A: Adultos; B: Hembra colocando huevos; C: Huevos y ninfas; D: Ninfas con excrementos.

Figura 6. Taxones de Coccoidea: A: *Chrysomphalus aonidum* (L.); B: *Lepidosaphes beckii* (Newman); C: *Praelongorthezia praelonga* Douglas; D: *Coccus viridis* Green; E: *Unaspis citri* (Comstock); F: *Crypticeria multicastrices* Kondo y Unruh; G: *Selenaspidus articulatus* (Morgan); H: *Saissetia coffeae* Walker; I: *Ceroplastes* sp.

Figura 7. A: *Aleurocanthus woglumi* Ashby B: *Aleurothrixus floccosus* Maskell.

Figura 8. *Phyllocnistis citrella* Stainton: A: Adulto; B: larvas y minas; C: daño; *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst): D: individuos; E: daño; F: daño por *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

5. Referencias

1. Wu GA, Prochnik S, Jenkins J, Salse J, Hellsten U, Murat F, et al. Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *Nat Biotechnol.* 2014;32(7):656–62.
2. Liu Y, Heying E, Tanumihardjo SA. History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2012;11:530–45.
3. Zhong G, Nicolosi E. Citrus Origin, Diffusion, and Economic Importance. In: Gentile A, La Malfa S, Deng Z, editors. *The Citrus Genome*. Cham: Springer; 2020. p. 5–21.
4. FAO. Food and agriculture data [Internet]. Datos sobre alimentación y agricultura. 2022 [cited 2021 May 13]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
5. Li W, Brlansky RH, Hartung JS. Amplification of DNA of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* from historic citrus canker herbarium specimens. *J Microbiol Methods.* 2006;65(2):237–46.
6. Das AK. Citrus canker – A review. 2003;5(1):52–60.
7. León G, Freitas-Astúa J, Kitajima E, Meza NC. Detección del virus de la leprosis de los cítricos tipo citoplasmático en los Llanos Orientales de Colombia. *Cienc Tecnol Agropecu.* 2006;7(2):67–72.
8. González G, Sáenz M, Jiménez S. Información actualizada sobre los principales aspectos del virus de la leprosis de los cítricos (*Citrus Leprosis virus*) (CiLV-C). *Fitosanidad.* 2009;13(2):79–81.
9. Boa E, Bentley J, González A. Guía práctica de plagas y enfermedades de árboles agrícolas en Bolivia [Internet]. Cochabamba: CAB International; 2001. 33 p. Available from: <http://www.jefferybentley.com/Plagas y enfermedades de arboles agriolas en Bolivia.pdf>
10. Cáceres S. Guía Práctica Para la Identificación y el Manejo de las Plagas de Citrus Guía Práctica Para la Identificación y el Manejo de las Plagas de Citrus [Internet]. INTA; 2006. 103 p. Available from:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-gua_prctica_para_la_identificacin_y_el_manejo_de.pdf

11. Acosta-Pérez JA, Ortiz-García CF, Zaldívar-Cruz JM, Rodríguez-Cuevas M, Bautista-Muñoz CC, Castillo-Aguilar CC. Identificación del agente causal e importancia de la gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México. *Univ y Ciencia Trópico Húmedo*. 2012;28(3):245–58.
12. Brentu FC, Vicent A. Gummosis of citrus in Ghana caused by *Phytophthora citrophthora*. *Australas Plant Dis Notes*. 2015;10(1):1–3.
13. Oviedo JJ, Mattos LL. Identificación biomolecular y patogenicidad de *Phytophthora*, *Pythium* y *Phytophthora* aislados de raíz y suelo en cítricos (*Citrus* spp.). *An Científicos*. 2018;79(2):393.
14. Valle-De la Paz M, Guillén-Sánchez D, Perales-Rosas D, López-Martínez V, Juárez-López P, Martínez-Fernández E, et al. Distribución, incidencia y severidad de la muerte descendente (*Lasioidiplodia* spp.) en lima persa en Morelos, México. *Rev Mex Fitopatol Mex J Phytopathol*. 2019;37(3):464–78.
15. Urbaneja A, Grout TG, Gravena S, Wu F, Cen Y, Stansly PA. Citrus pests in a global world. In: *The Genus Citrus* [Internet]. Elsevier Inc.; 2020. p. 333–48. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00016-4>
16. Soto A, García F. Las moscas blancas de los cítricos [Internet]. *Sociedad Española de Entomología Aplicada*. 2000 [cited 2022 Apr 27]. Available from: <https://www.seea.es/index.php/seea-informa/divulgacion/15-divulgacion/62-seea-aleurothrixus-floccosus>
17. EPPO. EPPO Global Database [Internet]. 2022 [cited 2022 Apr 29]. Available from: <https://gd.eppo.int>
18. Hall DG, Hent MG, Adair RC. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environ Entomol*. 2008;37(4):914–24.
19. Bové JM. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J Plant Pathol*. 2006;88(1):7–37.
20. Duportal M, Jorda E, Sanchez C, Imbert E, Loeillet D, Vannière H. *Fruitrop*. Focus Citron. Bon H, editor. Saint Gély du Fesc: Cirad; 2013. 140 p.
21. Rivera-Cabrera F, Ponce-Valadez M, Díaz de León F, Villegas-Monter A, Pérez-Flores LJ. Acid Limes. A Review. In: Tennant P, Benkeblia N, editors. *Feesh Produce 4* (Issue 1). Global Science Books; 2010. p. 116–22.
22. Rouiss H, Bakry F, Froelicher Y, Navarro L, Aleza P, Ollitrault P. Origin of *C. latifolia* and *C. aurantiifolia* triploid limes: the preferential disomic inheritance of doubled-diploid “Mexican” lime is consistent with an interplod hybridization hypothesis. *Ann Bot*. 2018;121(3):571–85.
23. Tim TK. *Citrus latifolia*. In: *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 4, Fruits*. Springer; 2012. p. 662–6.
24. Ference CM, Gochez AM, Behlau F, Wang N, Graham JH, Jones JB. Pathogen profile Recent advances in the understanding of *Xanthomonas citri* ssp. *citri* pathogenesis and citrus canker disease management. *Mol Plant Pathol*. 2017;9(6):1302–18.
25. Lima WG, Spósito MB, Amorim L, Gonçalves FP, Filho PAM. *Colletotrichum gloeosporioides*, a new causal agent of citrus post-bloom fruit drop. 2011;157–65.
26. Wang W, Silva DD, Moslemi A, Edwards J, Ades PK, Crous PW, et al. *Colletotrichum* species causing anthracnose of citrus in Australia. *J Fungi*. 2021;7:47.
27. Peres NA, MacKenzie SJ, Peever TL, Timmer LW. Postbloom fruit drop of citrus and key lime anthracnose are caused by distinct phylogenetic lineages of *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*. 2008;98(3):345–52.
28. Pérez-Mora JL, Mora-Romero GA, Beltrán-Peña H, García-León E, Lima NB, Camacho-Tapia M, et al. First Report of *Colletotrichum siamense* and *C. gloeosporioides* Causing Anthracnose of *Citrus* spp. in Mexico. *Plant Dis*. 2020;105(2):496.
29. Fermin G, Briceño A, Ely F, Cedeño L, Aranguren Y, Valecillos C. Citrus Cultivation in Venezuela. In: Tennant P, Benkeblia N, editors. *Tree and Forestry Science and Biotechnology, Vol 3, Citrus II*. Global Science Books ©; 2009. p. 152–63.

30. Orozco-Santos M, Manzo G, Guzmán S, Farías J, Timmer LW. Crecimiento y cambios morfológicos de *Colletotrichum acutatum* Simmonds, agente causal de la antracnosis del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm . Swingle) incubado en diferentes medios de cultivo sólidos y líquidos. *Acta Biotechnol.* 2004;22(3):423–8.
31. Cumba-García MF, Mendoza de Arroyave A, Garcés-Fiallos FR. Efecto de oxiclورو de cobre y riego sobre enfermedades y producción de plantas de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Cienc y Tecnol.* 2019;12(2):7–13.
32. Guajardo J, Riquelme N, Tapia, A. Larach L, Torres C, Camps R, Besoain X. First Report of *Lasiodiplodia theobromae* Causing Bot Gummosis in Citrus limon in Chile. *Plant Dis.* 2018;102(4):818.
33. Rajput N, Atiq M, Tariq H, Saddique WM, Hameed A. Citrus Gummosis: A formidable challenge to citrus industry: A review. 2020;16(5):131–44.
34. Murcia N, Betancourt M, Pérez L, Rodríguez DM, Ríos-Rojas L, Pisco YC, et al. Principales enfermedades en el cultivo de lima ácida Tahití. In: Murcia, Nubia et. al, editor. Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q Jimenez) para Colombia. 2020. p. 257–325.
35. Rodríguez M, Guerrero M, García CM, Portillo F, García PE, García JM, et al. Guía Técnica. Cultivo de limón pèrsico. San Salvador: CENTA; 2002. 33 p.
36. Beltran-Beltran AK, Santillán-Galicia MT, Guzmán-Franco AW, Teliz-Ortiz D, Gutiérrez-Espinoza MA, Romero-Rosales F, et al. Incidence of Citrus leprosis virus C and Orchid fleck dichorhavirus Citrus Strain in Mites of the Genus *Brevipalpus* in Mexico. *J Econ Entomol.* 2020;113(3):1576–81.
37. Ramos-González PL, Chabi-Jesus C, Guerra-Peraza O, Tassi AD, Kitajima EW, Harakava R, et al. Citrus leprosis virus N: A new dichorhavirus causing Citrus leprosis disease. *Phytopathology.* 2017;107(8):963–76.
38. Jeger M, Bragard C, Caffier D, Dehnen-Schmutz K, Gilioli G, Gregoire J-C, et al. Pest categorisation of Citrus leprosis viruses. *EFSA J.* 2017;15(12):5110.
39. Roy A, Hartung JS, Schneider WL, Shao J, Leon G, Melzer MJ, et al. Role bending: Complex relationships between viruses, hosts, and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. *Phytopathology.* 2015;105(7):1013–25.
40. Mineiro JLC, Raga A. Mites associated with *Citrus latifolia* (Rutaceae) from an orchard at Artur Nogueira municipality, São Paulo state, Brazil. *Entomol Commun.* 2020;2:ec02014.
41. Rodríguez, I V., Alvarez L, Mesa NC, Moraes GJ, Abo-Shnaf RIA, Carabalí A, et al. Proceedings II Congreso Latinoamericano De Acarología. In: Rueda-Ramírez D, Morales G, Carrillo D, Combata-Heredia J, editors. Proceedings II Congreso Latinoamericano De Acarología. Montenegro, Quindío, Colombia; 2016. p. 93–4.
42. Quiros-Gonzalez M. Phytophagous mite populations on Tahiti lime, *Citrus latifolia*, under induced drought conditions. *Exp Appl Acarol.* 2000;24:897–904.
43. Rodrigues CJ V., Ospina OE, Massey SE. Mycobiome of *Brevipalpus* Mite Strains and Insights on Metabolic Function in the Bacteriome of the Tetranychoida Mites. In: Skvarla M, Ochoa R, Rodrigues JC V., Hutcheson HJ, editors. *Contemporary Acarology* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 79–91. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-17265-7_5
44. Moreno P, Ambrós S, Albiach-Martí MR, Guerri J, Peña L. Citrus tristeza virus: A pathogen that changed the course of the citrus industry. *Mol Plant Pathol.* 2008;9(2):251–68.
45. Gonzalez LR, Villalba N V., Armadans A, Shohara K. Incidence of tristeza and other citrus diseases in Paraguay. *Proc Florida State Hort Soc.* 1997;110:43–6.
46. Pedraza R, Ponce JL, Quintanar EA, Valdez D, Villareal G. Una amenaza agrícola mundial: el virus de la tristeza de los cítricos y su vector el pulgón café *Toxoptera citricida*. *Artrópodos y Salud.* 2016;3(1):30–6.
47. Hernández F, Quiroga J, Silva MR, Orduz JO. Influencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) en copas de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertadas sobre patrón de mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Horth. Ex Tan). *Rev Sist Prod Agroecol.* 2014;5(1):127–41.
48. Chaparro-Zambrano HN, Velásquez HA, Orduz-Rodríguez JO. Influencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV)

- en el comportamiento de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre seis patrones en el piedemonte llanero de Colombia (1997 – 2008). *Rev Cienc Tecnol Agropecu.* 2013;14(1):33–8.
49. Serra C-A, Cayetano X, Félix A, Ferreira M, Garcia S, Godoy G, et al. Impacts of recently emerged invasive exotic species and major threats to the Dominican agriculture. In: Caribbean Food Crops Society, 47 Forty-Seventh Annual Meeting 2011. Isabella: Caribbean Food Crops Society; 2011. p. 146–56.
 50. Jagoueix S, Bove JM, Garnier M. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α subdivision of the Proteobacteria. *Int J Syst Bacteriol.* 1994;44(3):379–86.
 51. Teixeira C, Saillard C, Eveillard S, Danet JL, Costa PI, Ayres AJ, et al. ‘Candidatus *Liberibacter americanus*’, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2005;55:1857–62.
 52. Hodges AW, Spreen T. Economic Impacts of Citrus Greening (HLB) in Florida, 2006/07–2010/11 [Internet]. University of Florida. IFAS Extension. 2012. p. 1–6. Available from: <http://edis.ifas.ufl.edu>
 53. Luis M, Collazo C, Llauger R, Blanco E, Peña I, López D, et al. Occurrence of citrus huanglongbing in Cuba and association of the disease with *Candidatus liberibacter asiaticus*. *J Plant Pathol.* 2009;91(3):709–12.
 54. Matos L, Hilf ME, Camejo J. First report of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ associated with citrus Huanglongbing in the Dominican Republic. *Plant Dis.* 2009;93(6).
 55. Estévez, de Jensen C, Vitoreli, C A, Román E. Citrus greening in comercial orchards in Puerto Rico. *Phytopathology.* 2010;100:S34.
 56. Robles-González MM, Velázquez-Monreal JJ, Manzanilla-Ramirez MÁ, Orozco-Santos M, Medina-Urrutia VM, López-Arroyo JI, et al. Síntomas Del Huanglongbing (HLB) en Árboles de Limón Mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su Dispersión en el Estado de Colima, México. *Rev Chapingo, Ser Hortic.* 2013;19(1):15–31.
 57. FAO. Citrus Marco estratégico para la gestión regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. Santivañez T, Mora G, Diaz G, López JI, Vernal P, editors. Santiago de Chile: FAO; 2013. 60 p.
 58. Molina-Bravo R, Stephens-Cárdenas SA, Hilje-Rodríguez I, Blanco-Vargas M, Villalobos-Navarro D, Gätjens-Boniche O, et al. Citrus Huanglongbing Associated with ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ Present in the Northern Region of Costa Rica but Has Not Been Detected in Other Citrus-Growing Areas. *Plant Dis.* 2015;99(12):1855–1855.
 59. Badaracco A, Redes FJ, Preussler CA, Agostini JP. Citrus huanglongbing in Argentina: detection and phylogenetic studies of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Australas Plant Pathol.* 2017;2(3):171–5.
 60. Ángel AN, Lopez F. Control sustentable del vector de HLB en la agricultura familiar en Argentina, Uruguay, Paraguay y Bolivia. In: Memoria dinámica de estrategias de la EEA San Pedro. Entre Ríos: Banco Interamericano de Desarrollo. FONTAGRO; 2020. p. 26–8.
 61. EPPO. First report of huanglongbing in El Salvador [Internet]. EPPO Global Database. 2020 [cited 2022 May 1]. Available from: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6732>
 62. EPPO. ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ detected in *Diaphorina citri* in Colombia [Internet]. EPPO Global Database. 2016 [cited 2022 May 5]. Available from: <https://gd.eppo.int/reporting/article-5464>
 63. Marys E, Rodríguez-Román E, Mejías R, Mejías A, Mago M, Hernandez Y. First report on molecular evidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with citrus Huanglongbing in Venezuela. *J Plant Pathol.* 2020;102(4):1333.
 64. Cornejo JF, Chica EJ. First record of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Ecuador infesting urban citrus and orange Jasmine trees. *J Insect Sci.* 2014;14(298):1–3.
 65. Halbert SE, Manjunath KL. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomol.* 2004;87(3):330–53.
 66. Yang Y, Huang M, Andrew G, Beattie C, Xia Y, Ouyang G, et al. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. *Int J Pest Manag.* 2006;52(4):343–52.
 67. Augier L, Gastaminza G, Lizondo M, Argañaraz M, Willink E. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en

- el Noroeste Argentino (NOA). Rev la Soc Entomológica Argentina [Internet]. 2006;65:67–8. Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0373-56802006000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
68. Burckhardt D, Martinez M. Note on the presence in Honduras of an important enemy of citrus: *Diaphorina citri* Kuwayama (Hom. Psylloidea Psyllidae). Bull la Soc Entomol Fr. 1989;94(1–2):65–6.
 69. Cermeli M, Morales PA, Godoy FJ. Presence of the Asiatic citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Venezuela. Boletín Entomol Venez. 2000;15(2):235–43.
 70. Villalobos W, Rica UDC, Hollis D, Godoy C, Rica UDC, Rivera C, et al. First report of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Psyllidae) in Costa Rica . 2005;19(3):191–2.
 71. King C. Dispersión de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el departamento de Tolima (Colombia). Rev Tumbaga. 2012;2(7):51–60.
 72. Chirinos DT, Cuadros IM, Velez J, Castro R, Sornoza G, Kondo T. Predicting the establishment of *Diaphorina citri* and *Tamarixia radiata* on Citrus x aurantiifolia orchards based on the plant–psyllid–parasitoid interaction on *Murraya paniculata*. Egypt J Biol Pest Control [Internet]. 2021;31(1):129. Available from: <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00474-7>
 73. Almeida LF, Peronti ALBG, Martinelli NM, Wolff VRS. A Survey of Scale Insects (Hemiptera: Coccoidea) in citrus orchards in São Paulo , Brazil. Florida Entomol. 2018;101(3):353–63.
 74. Vegas U, Narrea M. Manejo integrado del cultivo de limón. Vegas U, Narrea M, editors. Piura: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2011. 43 p.
 75. Vargas AS, Duarte MN, Santos M, Moura L, Cassino P. Dinâmica populacional de insetos-praga em um cultivo agroecológico de Lima Ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) no município de Vassouras-RJ. Rev Teccen. 2015;8(2):81–4.
 76. Collantes R, Jerkovic C. Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. Aporte Santiaguino. 2020;13(1):48–58.
 77. Carabalí A, Montes JM, López Y, Kondo T. Insectos plaga de importancia económica en lima ácida Tahití. In: Murcia N, Et. A, editors. Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q Jimenez) para Colombia. Mosquera: Agrosavia; 2020. p. 211–56.
 78. Claps LE, Wolff VRS, González RH. Catalogo de las Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) exóticas de la Argentina, Brasil y Chile CLAPS,. Rev la Soc Entomológica Argentina. 2001;60(1–4):9–34.
 79. Kondo T, Ramos-Portilla AA, Peronti ALBG, Gullan PJ. Known distribution and pest status of fluted scale insects (Hemiptera Monophlebidae Iceryini) in South America. Redia. 2016;XCIX:187–95.
 80. Cassino P, Rodrigues WC. Distribuição de Insetos Fitófagos (Hemiptera: Sternorrhyncha) em Plantas Cítricas no Estado do Rio de Janeiro. Neotrop Entomol. 2005;34(6):1017–21.
 81. Valarezo CO, Caicedo OG, Cadena DL, Alcívar LA, Rodríguez A, Julca-Otiniano A. Characterization of lemon (*Citrus aurantifolia*) producing farms in Portoviejo, Ecuador. Rev Investig e Innovación Agropecu y Recur Nat. 2020;7(1):88–94.
 82. Kirichenko N, Augustin S, Kenis M. Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact, and management. J Pest Sci (2004) [Internet]. 2019;92(1):93–106. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1009-6>
 83. Robles M, Medina V, Morfin A. Daño de minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en limón Mexicano. Rev Chapingo Ser Hortic. 2005;11(2):379–86.
 84. Arias-Lopez VH, Sánchez-Soto S, Bautista-Martinez N, Sol-Sánchez A. Fluctuación poblacional de *Phyllocnistis citrella* Stainton en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Tabasco , México. Rev Peru Entomol. 2012;47(2):15–7.
 85. Montes-Rodriguez JM, Pérez-Artiles L, Orduz-Rodriguez JO, Ramírez-Chamorro LE. Influencia del portainjerto sobre la incidencia de artrópodos en lima Tahití [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka]. Rev Protección Veg. 2020;35(1):1–11.

-
86. Mesa NC, Rodríguez IV, Álvarez L, Carabali A. Ácaros de importancia económica en lima ácida Tahití. In: Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q Jiménez) para Colombia. Mosquera; 2020. p. 183–210.
 87. Demard E, Qureshi JA. Citrus rust mite *Phyllocoptura oleivora* (Ashmead) (Arachnida: Acari: Eriophyidae). Univ Florida IFAS Ext. 2020;(3):1–6.
 88. Childers CC, Rodrigues JC V. An overview of *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae) and the plant viruses they transmit*. *Zoosymposia* [Internet]. 2011;6:180–92. Available from: www.mapress.com/zoosymposia/
 89. Migeon A, Nougier E, Dorkeld F. Spider Mites Web: A comprehensive database for the Tetranychidae. In: Trends in Acarology: Proceedings of the 12th International Congress [Internet]. 2010. p. 557–60. Available from: www.mapress.com/zoosymposia/
 90. Vásquez C, Colmenárez Y. Invasive Mite Species in the Americas : Bioecology and Impact. In: Haouas D, Hufnagel L, editors. *Pest Control and Acarology*. London: Open Intech; 2020. p. 1–20.
 91. Cañarte-Bermúdez E, Navarrete-Cedeño B. Situación fitosanitaria de los cítricos en Ecuador. In: Sotomayor A, Viera W, Medina L, Viteri P, editors. *Memorias de II Simposio Internacional Producción Integrada de Frutas*. Quito, Ecuador; 2019. p. 19.
 92. Folimonova SY. Citrus tristeza virus: A large RNA virus with complex biology turned into a valuable tool for crop protection. *PLoS Pathog* [Internet]. 2020;16(4):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1008416>
 93. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Parte III. Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y las plantas [Internet]. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2001*. 2001. Available from: <https://www.fao.org/3/x9800s/x9800s00.htm#TopOfPage>
 94. Singerman A, Burani-Arouca M. Evolution of citrus disease management programs and their economic implications: The case of florida’s citrus industry. *Univ Florida IFAS Ext*. 2017;2017:1–5.