



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO CUSUMATTE



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



MONITOREO DE LA INCIDENCIA DE VIROSIS E
IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA DE AGENTES CAUSALES EN
EL CULTIVO DE CHILE CAHABONERO (*Capsicum annum* L.),
EN CINCO REGIONES DE SANTA MARÍA CAHABÓN, ALTA
VERAPAZ





CRIA

Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



GOBIERNO de
GUATEMALA
R.R. ALEJANDRO C. SAMMITTEI



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA
- IICA -
PROGRAMA DE CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA
- CRIA -

REGIÓN NORTE

AGROCADENA DE CHILE CAHABONERO

MONITOREO DE LA INCIDENCIA DE VIROSIS E IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA
DE AGENTES CAUSALES EN EL CULTIVO DE CHILE CAHABONERO (*Capsicum
annuum* L.), EN CINCO REGIONES DE SANTA MARÍA CAHABÓN, ALTA VERAPAZ

MARCOS EDUARDO OXOM
Investigador principal

CARLOS ENRIQUE PÉREZ SIAN
Investigador auxiliar

Guatemala, octubre de 2020



CRIA



**GOBIERNO de
GUATEMALA**
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO CUSUMATTE



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Este proyecto de investigación aplicada fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de la (s) institución (es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GIANMATTEI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

MONITOREO DE LA INCIDENCIA DE VIROSIS E IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA DE AGENTES CAUSALES EN EL CULTIVO DE CHILE CAHABONERO (*Capsicum annum L.*), EN CINCO REGIONES DE SANTA MARÍA CAHABÓN, ALTA VERAPAZ

RESUMEN

El cultivo de chile picante en el municipio Santa María Cahabón del departamento Alta Verapaz, Guatemala, se puede considerar ancestral, cultural y de identificación territorial; es reconocido a nivel nacional por su aroma, por su sabor picante, su color y otras propiedades organolépticas; y fuera de nuestras fronteras es un producto nostálgico.

El programa “Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria” - CRIA -, del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA -; ha apoyado esta agro-cadena facilitando y financiando proyectos de investigación aplicada porque es pertinente generar tecnología basada en la realidad local para trazar un plan de manejo técnico del cultivo y el manejo integrado de plagas y enfermedades; acordes a la realidad de este cultivo regional del norte de Guatemala.

Del año 2016 al 2018 los pequeños productores de chile Cahabonero reportaron dificultad para la producción y productividad del cultivo por el enrollamiento y curvatura de las hojas. Dichos síntomas daban indicios de estar asociados a ataques de virosis, razón por la cual se propuso este trabajo de investigación para conocer el porcentaje de la incidencia de esta fitopatía y determinar si es causada por virus.

La investigación se realizó en cinco localidades del municipio Santa María Cahabón, del departamento de Alta Verapaz Guatemala; cuyos resultados medios de Incidencia de Virosis se ubican alrededor del 18%. Lo cual indica que es de importancia económica.

El resultado de los estudios de laboratorio determinó que en las cinco localidades que fueron objeto de este proyecto de investigación únicamente está presente el virus del mosaico dorado del chile -PepGMV- (Pepper golden mosaic virus); el cual es transmitido por mosca blanca y otros insectos.

Palabras clave: monitoreo, incidencia, virus, virosis, vectores, PepGMV

ABSTRACT

The cultivation of hot chili in the Santa María Cahabón municipality of the Alta Verapaz department, Guatemala, can be considered ancestral, cultural and of territorial identification; It is recognized nationally for its aroma, its spicy flavor, its color and other organoleptic properties; and outside our borders it is a nostalgic product.

The program "Regional Consortiums for Agricultural Research" - CRIA -, of the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture -IICA -; It has supported this agro-chain by facilitating and financing applied research projects because it is pertinent to generate technology based on the local reality to draw up a technical management plan for the crop and the integrated management of pests and diseases; according to the reality of this regional crop in northern Guatemala.

From 2016 to 2018, the small producers of Cahabonero chili reported difficulty for the production and productivity of the crop due to the curl and curvature of the leaves. These symptoms gave indications of being associated with viral attacks, which is why this research work was proposed to know the percentage of the incidence of this phytopathy and determine if it is caused by viruses.

The research was carried out in five towns in the Santa María Cahabón municipality, Alta Verapaz department; Guatemala; whose average results of Virus Incidence are around 18%. Which indicates that it is of economic importance.

The result of the laboratory studies determined that in the five localities that were the object of this research project, only the golden mosaic virus of the chile -PepGMV- (Pepper golden mosaic virus) is present; which is transmitted by whiteflies and other insects.

Keywords: monitoring, incidence, virus, virosis, vectors, PepGMV



CRIA

Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMATTI



AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA - que a través de su programa “Fortalecimiento a los Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria - CRIA -” hizo posible la ejecución técnica-administrativa de este proyecto de investigación, por medio de su representación en Guatemala; en especial a la Ingeniera MCs. María Febres Huamán.

Al Centro Universitario del Norte, de la Universidad de San Carlos de Guatemala - CUNOR-USAC, por su Aval Institucional para la ejecución técnica del proyecto; como miembro rector del Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIA- del norte de Guatemala. En especial al Ingeniero MCs. Edgar Armando Ruíz Cruz, representante institucional de CUNOR y Coordinador de CRIA Región Norte.

A la Asociación de productores de chile Cahabonero “Chabil Ik Chikajbon”, por su interés y activa participación y apoyo en el desarrollo de los proyectos de investigación aplicada, en este cultivo; en el municipio Santa María Cahabón, Alta Verapaz.

A los extensionistas y promotores de la Agencia Municipal de Extensión Rural -AMER-, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-, por su acompañamiento en los procesos de investigación para el cultivo de chile Cahabonero y la divulgación y promoción de los mismos.

A los actores locales propietarios de las cinco parcelas donde se ejecutó el proyecto de investigación, en las localidades priorizadas: don Jacinto Asig, en aldea Sexoy; don Mauricio Reyes, en caserío Canihor; don Roberto Coy Pec, en aldea Sactá; don Vicente Ax, en aldea Pinares y don German Cuz Cuz, en aldea Tzalamtun. Por su apertura y apoyo incondicional para la ejecución del proyecto en su respectiva área de cultivo.

A todas las instituciones y personas que de una u otra forma participaron y apoyaron en la ejecución y desarrollo de este estudio y trabajo de investigación aplicada para el cultivo de chile Cahabonero, tan emblemático e importante en la región norte de Guatemala.

MONITOREO DE LA INCIDENCIA DE VIROSIS E IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA DE AGENTES CAUSALES EN EL CULTIVO DE CHILE CAHABONERO (*Capsicum annum* L.), EN CINCO REGIONES DE SANTA MARÍA CAHABÓN, ALTA VERAPAZ

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile picante en el municipio Santa María Cahabón del departamento Alta Verapaz, Guatemala, se puede considerar ancestral, cultural y de identificación territorial; es reconocido a nivel nacional por su aroma, por su sabor picante, su color y otras propiedades organolépticas; y fuera de nuestras fronteras es un producto nostálgico.

En estado fresco el chile Cahabonero se le llama chile verde y chile rojo; ya procesado es chile seco, chile molido o chile en pasta. En fin, hablar de Cahabón es hablar del chile seco molido que ahí producen y procesan desde tiempos inmemorables.

Aun cuando este cultivo ha persistido a lo largo de los tiempos acompañando al pueblo de Santa María Cahabón y de alguna manera mantienen un vínculo cultural, en la actualidad se encuentra con bajo nivel de tecnificación en todos los eslabones de la cadena agro-productiva. En la fase de producción está enfrentando el ataque de enfermedades y plagas que no han sido objeto de estudio, análisis e investigación, *in situ*; si bien es cierto que dichos problemas pudieran ser de los más comunes en las especies del género *Capsicum*.

El programa “Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria” - CRIA -, del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA -; ha apoyado esta agrocadena facilitando y financiando proyectos de investigación aplicada porque es pertinente generar tecnología basada en la realidad local para trazar un plan de manejo técnico del cultivo y el manejo integrado de plagas y enfermedades; acordes a la realidad de este cultivo regional del norte de Guatemala.

De acuerdo a la información que se recabó del año 2016 al 2018, en el programa CRIA con los pequeños productores de chile Cahabonero, ellos reportaron que entre los factores que están dificultando la producción y disminuye la productividad del cultivo de chile, está el enrollamiento y curvatura de las hojas o “el mal del colicho” como ellos le denominan. Desde el punto de vista técnico dichos síntomas daban indicios de estar asociados a ataques de virosis, razón por la cual se propuso este trabajo de investigación para conocer el porcentaje de la incidencia de esta fitopatía y determinar si es causada por virus; porque estos síntomas, comúnmente también se asocian a otros factores agroclimáticos, otros agentes causantes de enfermedades y estados de malnutrición vegetal.

La investigación se realizó en cinco localidades del municipio Santa María Cahabón, del departamento de Alta Verapaz; Guatemala. Estas localidades son: Sactá, Pinares, Tzalamtun, San José Canihor y Sexoy; cuyos datos medios de Incidencia de Virosis se ubican alrededor del 18%

Los estudios y la literatura relacionada indican que en promedio hay trece agentes causales de virosis en las especies del género *Capsicum*; por lo cual en este trabajo de investigación se consideró la necesidad de saber cuáles de estos agentes causales están presentes en este cultivo, en las cinco localidades que fueron objeto de estudio; y se

determinó realizar la identificación de los mismos usando métodos científicos adecuados tales como:

1. Reacción en cadena de la Polimerasa - PCR (Polymerase Chain Reaction)
2. Reacción en cadena de la Polimerasa con Transcriptasa Inversa - RT-PCR (Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction)
3. Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas - ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay).

El resultado de los estudios de laboratorio determinó que en las cinco localidades que fueron objeto de este proyecto de investigación únicamente está presente el virus del mosaico dorado del chile -PepGMV- (Pepper golden mosaic virus).

Una vez definidas la incidencia de las virosis y conociendo el agente causal, se tiene la base para la prevención y manejo de esta fitopatía; por lo cual, los planes y esfuerzos para disminuir el daño que provoca se podrán enfocar en el manejo de vectores, control de plantas hospederas de fitovirus, control de plantas hospederas de vectores, etc.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Los virus y virus fitopatógenos

Los virus no pueden ser llamados organismos vivos porque no tienen órganos, por lo que utilizan los puntos de crecimiento o la formación de nuevos tejidos del hospedero que ataca para reproducirse. Por eso, los síntomas visuales producidos son notorios, generalmente, en todo tejido nuevo producido después de la infección por el virus, es decir, en los brotes terminales, y los síntomas no desaparecen después de la infección.¹

El concepto de virosis designa de modo general a aquellas enfermedades que tienen su origen en virus patógenos. Es una patología que es desencadenada por un virus que ingresa al tejido vivo.

Una virosis en plantas es una infección producida por un fitovirus que afecta y altera la fisiológica y morfológica vegetal, lo cual viene a provocar una disminución en la producción y productividad. Cuando la población afectada es la de un cultivo, la alta incidencia de una virosis representa pérdidas de importancia económica, comercial, cultural, etc

Dentro de los problemas fitosanitarios del cultivo de chile, la “marchitez” y las virosis son las enfermedades más importantes del cultivo en el mundo. La primera, en condiciones favorables puede causar pérdidas del 60 al 100% de la superficie cultivada. En lo referente a las virosis, en condiciones ambientales cálidas y en variedades susceptibles pueden causar el 100% de pérdidas. Esto sucede recurrentemente en menor o mayor escala dependiendo de las temperaturas ya que casi todas las variedades que se siembran son susceptibles.²

1 González, G.R. 2017. Evolución de Técnicas de Diagnóstico de Virus Fitopatógenos. Serie Fitosanidad Núm. 98. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 12 p.

2 SAGARPA, México 2012. Mejoramiento integral de la productividad en el cultivo de chile en México para aumentar la competitividad, mediante el incremento del rendimiento y calidad. 12 páginas.

Para la prevención, el manejo o control de cualquier enfermedad es de gran importancia conocer al agente causal usando métodos o técnicas para su identificación que permitan tener resultados científicamente confiables y así poder implementar diferentes medidas de manejo integral

Edgardo Cortez Mondaca³, indica que las enfermedades de origen viral representan en la actualidad uno de los retos más serios e importantes en los sistemas de producción de las plantas cultivadas en el mundo. Estas enfermedades causan daños importantes que en algunos lotes afectan el 100% de la superficie de cultivo, a pesar de los avances que en los últimos años se ha tenido en su estudio y control.

A través del tiempo se han seguido varios sistemas de nomenclatura de virus incluyendo el uso de sistemas binomiales. Actualmente el nombre particular de cada virus se adopta en base a los síntomas más característicos de la enfermedad (a juicio del descubridor del patógeno), el hospedante en el que se observó por vez primera al virus. Por ejemplo, el Virus Mosaico del Pepino (VMP) lleva este nombre porque fue descubierto en pepino y uno de los síntomas principales es el mosaico.

Es pertinente señalar que en el idioma inglés también se usan abreviaturas, aunque estas no sean las mismas que en español; en lugar del VMP se usa CMV (Cucumber Mosaic Virus) y en lugar del VMT (virus mosaico del tabaco) la abreviatura es TMV (Tabaco Mosaic Virus). En esta época de globalización es muy común el uso de las siglas en inglés para referirse a los virus y algunos investigadores latinos hasta se olvidaron de las siglas en español, para referirse a tal o cual virus: por ejemplo, todo mundo habla de TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus), en lugar de VMVT para referirse al Virus de la Marchitez Manchada del Tomate. Este fenómeno no es deseable desde el punto de vista idiomático o nacionalista, pero facilita la comunicación global.⁴

El Comité Internacional de Taxonomía de Virus; en inglés: International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) es el órgano que autoriza y organiza la clasificación taxonómica de los virus y los agentes subvirales. Ha desarrollado un esquema universal de clasificación con el objeto de describir todos los virus existentes; y ha definido 28 grupos de virus fitopatógenos. A nivel nacional de México se han reportado hasta 13 especies de virus con genomas de ARN asociados con enfermedades en el cultivo de chile (Núñez et al., 1996; Pérez y Rico, 2004; Robles et al., 2010).⁵

Los Geminivirus constituyen la familia más grande, diversa y económicamente importante de los virus de ADN que infectan plantas; dentro de la familia Geminiviridae se encuentran cuatro géneros definidos en base al vector que los transmite, al hospedero que infecta y a su estructura genómica (Lugo et al., 2011).

3 Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.

4 Virus fitopatógenos, Ing Mena Adriano Jorge Daniel. Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuente; Departamento de protección vegetal, rama de fitopatología. Juan José Rios, Sinaloa; agosto de 2010.

5 Ana Cecilia González Franco, Emma Monserrath Gill Langarica, Loreto Robles Hernández, Abelardo Núñez Barrios, Ramona Pérez Leal, Ofelia Adriana Hernández Rodríguez, Luis Pérez Moren. Artículo científico: Detección de Virus que Afectan al Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.) en Chihuahua, México

Según Fauquet et al. (2003) dichos géneros son: Mastrevirus, Topocovirus, Curtovirus y Begomovirus, éste último se encontraría entre los más ampliamente diversificado y distribuido.⁶

El primer reporte de una enfermedad posiblemente causada por un geminivirus en México ocurrió durante el ciclo agrícola de 1970 – 1971 en el estado de Sinaloa donde los síntomas descritos para plantas de jitomate incluían el síntoma característico de enchinamiento de las hojas; posteriormente se confirmaría que el agente causal de esa enfermedad era un geminivirus que recibió el nombre de virus del chino del tomate (CdTV) (García et al., 2010).

Los Geminivirus son patógenos de plantas que causan graves daños a la agricultura en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Poseen un genoma constituido por una o dos moléculas circulares de ADN de cadena sencilla, y son transmitidos a las plantas por insectos homópteros. La familia Geminiviridae se divide en cuatro subgrupos entre los que destaca el género Begomovirus por la extraordinaria diversidad de sus miembros, su amplia distribución geográfica y su gran importancia económica. Estos virus son transmitidos por la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y sus genomas suelen tener dos componentes, el DNA-a y el DNA-b. Debido a la enorme importancia de los Begomovirus como agentes causales de enfermedades agrícolas severas, se han desarrollado diversos métodos moleculares para el diagnóstico e identificación precisa de los mismos, que se basan en la amplificación por PCR (polymerase chain reaction) o por RCA (rolling-circle amplification) de segmentos del DNA viral presente en los tejidos vegetales infectados.⁷

Las infecciones virales son una de las enfermedades más importantes del Chile para secado. En un estudio realizado en San Luis Potosí, México para detectar la presencia de begomovirus y curtovirus, encontraron que Pepper golden mosaic virus (PepGMV) estuvo presente en el 100% de las muestras colectadas.⁸

La sintomatología causada por la infección de estos virus incluye mosaico amarillo brillante, moteado clorótico, clorosis foliar marginal, enrollamiento foliar, abultamientos o ampollamientos foliares, enanismo, caída de flor, reducción del tamaño o ausencia de frutos (Fraire, 2010), sin embargo también se ha reconocido que la expresión de síntomas puede variar en función de la variedad de Chile, condiciones ambientales, cepas o variantes de begomovirus (Khan et al., 2007), por lo que la sintomatología en las enfermedades virales es frecuentemente poco confiable como método de diagnóstico. No obstante, se ha reconocido que uno de los síntomas más evidentes de la infección por PepGMV y PHYVV es el mosaico brillante que suelen tomar las hojas y venas de las plantas enfermas, respectivamente (Brown, 2003a; Brown, 2003b)⁸

6 Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

7 Caracterización de nuevas especies y cepas de geminivirus por un método molecular que optimiza la detección de infecciones mixtas. M en C, Jorge Armando Mauricio Castillo. Instituto de investigación científica y tecnológica, A.C. Posgrado en ciencias de biología molecular. Marzo 2011.

8 Detección de Infecciones Mixtas Causadas por Begomovirus y Curtovirus en Plantas de Chile para Secado en San Luis Potosí, México. Luis Roberto Reveles Torres, Rodolfo Velásquez Valle, Jorge Armando Mauricio Castillo y Silvia Salas Muñoz. Septiembre 2012.

Los virus clasificados dentro del género Begomovirus (Familia Geminiviridae) se caracterizan por tener uno o dos componentes de DNA cadena sencilla, el vector biológico es la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn; Homoptera: Aleyrodidae) y la chicharrita *Circulifer tenellus* Baker) e infectan plantas dicotiledóneas (Rojas et al. 2005). Los begomovirus bipartitas tienen dos componentes genómicos, DNA-A y DNA-B.⁹

Los Begomovirus han sido considerados como un grupo emergente de virus en plantas por su severidad en las enfermedades causadas. En las últimas tres décadas se ha observado una alta incidencia de estos virus en regiones tropicales y subtropicales del mundo, causando pérdidas devastadoras en producción en cultivos de frijol, yuca, algodón, cucurbitáceas y tomate (Morales y Anderson, 2001; Polston y Anderson, 1997). América Latina ha sido una región muy afectada en cuanto al surgimiento de nuevos begomovirus, número de cultivos afectados, pérdidas en las cosechas y áreas agrícolas devastadas (Morales y Anderson, 2001). Los síntomas típicos de la enfermedad causada por begomovirus son mosaicos amarillos brillantes, moteados amarillos, epinastias, clorosis foliar marginal, abultamientos foliares, reducción del área foliar, enanismo, retraso del crecimiento y reducción en tamaño de los frutos hasta la abscisión floral en casos extremos (Hanley et al. 1999; Gutiérrez, 2000; Rojas et al. 2005).¹⁰

Las enfermedades virales reducen el rendimiento y la calidad de los cultivos hortícolas como solanáceas (chile, tomate, papa, berenjena), cucurbitáceas (melón, sandía, calabacita, pepino), leguminosas (frijol, haba), cereales (maíz, sorgo), etcétera.

La transmisión de los virus fitopatógenos se lleva a cabo de diferentes formas: por semilla, en forma mecánica, por vectores (insectos, nematodos, ácaros), etc.¹¹

En el reino animal existen 386 especies con capacidad de transmitir virus fitopatógenos, el 94% son artrópodos y el restante 6% son dos ácaros y algunos nemátodos. El 75.4% de los insectos vectores pertenecen al orden *Homoptera*, 214 especies se encuentran en el suborden *Sternorincha* y 59 en el *Auchenoryncha*.

Añade Cortez Mondaca¹¹ que desafortunadamente no se dispone de productos químicos viricidas para combatir a estos patógenos, por lo tanto, es necesario diseñar un programa preventivo para el manejo de la enfermedad desde antes del establecimiento del cultivo, o más bien desde el momento mismo en que se toma la decisión de establecerlo, seleccionando las estrategias a implementar **de acuerdo al tipo de virus de que se trate**; aunque en la naturaleza los virus fitopatógenos colonizan de manera mezclada, formando un complejo.

9 Distribución y diversidad genética de Begomovirus que infectan tomate (*Solanum lycopersicum* L) en Colombia. Juan Carlos Vaca-Vaca (MSc-PhD), Jhon Fredy Betancur-Pérez, Karina López-López (Ph.D). Revista Colombiana de Biotecnología. Rev. colomb. biotecnol., Volumen 14, Número 1, p. 60-76, 2012. ISSN electrónico 1909-8758. ISSN impreso 0123-3475.

10 Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

11 Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.

La prevención es la estrategia más importante para el control de las plagas agrícolas (insectos nocivos, enfermedades, maleza, etc.); por lo tanto, cuando no se diseña un programa para el Manejo Integrado de Plagas (MIP), estamos destinados a recurrir a la medida que se supone debe emplearse en última instancia: el control químico.

Es común que la mayoría de los productores plantean el problema viral de sus cultivos cuando se aprecian los síntomas prominentes de la enfermedad. El intento de combatir las enfermedades virales asperjando insecticidas químicos sintéticos para el control de insectos vectores, es una medida muy poco afortunada, pues es sólo recomendable cuando se trata de virus tipo circulativo o persistente. En contraste, la contaminación por la aplicación excesiva de plaguicidas afecta negativamente de diferentes maneras:¹²

- la salud del humano (anemia plástica, leucemia, cáncer, toxicidad aguda, etc.)
- la eliminación de la fauna benéfica en los cultivos
- selección de organismos resistentes a los plaguicidas, etc.

Actualmente los países importadores de productos agrícolas, los consumidores y la sociedad entera está demandando productos sanos, que no estén contaminados con agroquímicos convencionales y específicamente con plaguicidas de síntesis química.

2.2. Clasificación y formas de transmisión de los virus fitopatógenos

La clasificación más sencilla de los virus que afectan a las plantas, se da de acuerdo con su capacidad de transmisión mecánica, en este caso existen dos grupos de virus:

- **transmisión mecánica positiva**; generalmente producen mosaicos, se multiplican en el parénquima de las hojas y se transmiten de manera no persistente por **áfidos**, por ejemplo: el virus del mosaico del pepino y el del mosaico de la sandía.
- **transmisión mecánica negativa**, que generalmente provocan hojas arrugadas y encrespadas o clorosis; se multiplican en tejidos conductores y se transmiten en la mayoría de los casos por **chicharritas** y **mosquitas blancas**, por ejemplo: el virus del chino del tomate (Curly Top Virus), el virus de la hoja enrollada de la calabaza, el virus del rayado fino del maíz, etc.¹³

La clasificación, de acuerdo con la transmisión por vectores, se basa en los estudios realizados con áfidos como transmisores de virus y se han ajustado al resto de los organismos vectores conforme se profundiza más en estas relaciones. En 1940 se formó una clasificación dependiendo del tiempo que sobrevive el virus en el vector, denominándoles persistentes, no persistentes, semipersistentes y de transmisión transovárica.¹³

12 Detección de Infecciones Mixtas Causadas por Begomovirus y Curtovirus en Plantas de Chile para Secado en San Luis Potosí, México. Luis Roberto Reveles Torres, Rodolfo Velásquez Valle, Jorge Armando Mauricio Castillo y Silvia Salas Muñoz. Septiembre 2012.

13 Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTTE



USDA

IICA
Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

- **Virus persistentes** la supervivencia es más prolongada (días, semanas o meses), el virus pasa al interior del cuerpo del insecto y no se pierde durante la alimentación; además, el transmisor lo adquiere en minutos u horas, puede presentar un periodo de latencia de horas hasta días, la inoculación se da en minutos hasta horas y el número de plantas en serie que puede inocular un solo vector son muchas. En 1962 se propone el término “virus de estilete” en lugar de no persistente y en 1981, se propone “virus circulativo” en lugar de persistente, con la variante de que, si el patógeno se reproduce dentro del biotransmisor, se le denomine propagativo.
- **Virus no persistentes** tienen una supervivencia corta en el organismo transmisor, la capacidad virulenta se pierde en el proceso de alimentación y el virus es acarreado en la parte del estilete. Otras características importantes son: que la adquisición y la inoculación del virus ocurre en segundos, y el número de plantas en serie que puede inocular un solo vector es de unas pocas.
- **Virus semipersistentes** las transmisiones son por vectores que presentan características compartidas de los dos primeros tipos.
- **Virus de transmisión transovárica** en estos casos el vector tiene la capacidad de pasar lo virulento a la progenie a través de los huevecillos, hasta por siete generaciones.

La transmisión de los virus fitopatógenos por vectores ocurre en diferentes periodos que es importante conocer:

- Periodo de adquisición. Es el tiempo que ocupa el biotransmisor durante el proceso de prueba o alimentación, para lograr adquirir al virus del hospedero infectado.
- Periodo de latencia o incubación. El tiempo que dura el virus en recorrer la parte interna del organismo vector, incluyendo en algunos casos el tiempo necesario para multiplicarse dentro del biotransmisor y tener la capacidad de empezar de transmitir el patógeno.
- Periodo de transmisión o inoculación. El tiempo que ocupa el transmisor para depositar las partículas virales en el hospedero, fenómeno que se da en el proceso de prueba o alimentación.
- Periodo de retención. El periodo que dura el vector con la capacidad de transmitir el patógeno.

La importancia de identificar el tipo de virus y conocer los mecanismos de transmisión, la clasificación y otras características, estriba en que es la base para definir las estrategias para el manejo de las enfermedades causadas por estos fitopatógenos. Por ejemplo, para los virus no persistentes o de estilete en los que no ocurre un periodo de incubación, el combate con insecticidas contra el vector dentro del cultivo es impráctico; mientras que, con virus persistentes, circulativos o transováricos es conveniente combatir oportunamente al vector.¹⁴

¹⁴ Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.

1.1. Principales insectos homópteros transmisores de virus

En 1999 se señalaba que existían virus que tienen vectores específicos o que su medio de transmisión es el polen, la semilla o propágulos vegetativos, y en la actualidad aún no se conocen vectores para muchos virus.

Sin embargo, en el orden Homóptera se concentran la mayoría de los insectos vectores de virus: **pulgones, moscas blancas, cochinillas, psílidos, cicadélidos y fulgóridos**. Para el caso específico de las enfermedades virales de hortalizas se señalan a las mosquitas blancas como los vectores de: el virus chino del tomate (CThV), el virus rizado del mosaico dorado del tomate (TGMV), el virus atigrado del chile (PTV), el virus rizado moteado de la sandía (WCMV) y el virus amarillento infeccioso de la lechuga (LIYV), el último del grupo de los *Closterovirus* y el resto de los *Geminivirus*.¹⁵

Cada grupo de virus tiene su vector específico y no hay posibilidades de que un determinado vector adquiera el virus transmitido por otro vector. Los virus de transmisión por mosca blanca no pueden ser transmitidos por áfidos o thrips y viceversa. Los virus no se pueden curar, deben prevenirse.¹⁶

Los áfidos, en tomate y chile, transmiten el virus mosaico del pepino (CMV; grupo *Cucumovirus*), el virus mosaico de la alfalfa (AMV), el virus moteado del chile (PeMV grupo *Potyvirus*), el virus “Y” de la papa (PVY grupo *Potyvirus*), el virus jaspeado del tomate (TEV grupo *Potyvirus*).

Para las chicharritas reportan solamente en tomate y chile al virus rizado del tomate (*Geminivirus*). En 1994 se reporta el geminivirus del chile huasteco (PHV) en chile ancho (infecta a diferentes solanáceas).

En el 2003, en el norte de Sinaloa, se reporta un nuevo *geminivirus* transmitido por mosquita blanca en tomate, una variante del virus moteado dorado del tomate (TGMoV), reportado por primera vez en Honduras y Guatemala; además, una variante del virus chino del tomate (CdTCV) y otro geminivirus que se asocia al virus mosaico dorado del chile (PepGMV).¹⁵

1.2. Diagnóstico e identificación de virus fitopatógenos

Según González Garza¹⁶, a finales del siglo XIX, la sintomatología producida por los virus en las plantas fue la primera forma de detectar e identificar los virus y su nombre fue asociado con los síntomas que producía, por ejemplo: Tobacco mosaic virus (TMV), Papaya rings-pot virus (PRSV), etc., sin embargo muy pronto se dieron cuenta los investigadores, que muchas variantes del mismo virus producían síntomas muy diferentes y por otro lado, muchos virus diferentes producían síntomas muy similares y aunado a ello, las plantas también exhibían síntomas parecidos a virosis como respuesta a condiciones desfavorables del clima, balance nutricional del suelo, infecciones por patógenos no virales, daño causado por insectos, ácaros, nemátodos.

¹⁵ Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.

¹⁶ González, G.R. 2017. Evolución de Técnicas de Diagnóstico de Virus Fitopatógenos. Serie Fitosanidad Núm. 98. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 12 p.

Aunque la sintomatología provea una vital información sobre las enfermedades virales, se requería mucha experiencia de campo para tomar decisiones basados solo por la sintomatología para identificar un virus, generalmente es necesario que las inspecciones de campo sean acompañadas por otras pruebas para la correcta diagnosis de una infección viral.¹⁷

1.2.1. Métodos de detección por serología

Los primeros métodos serológicos utilizados para la detección e identificación de virus vegetales fueron reaccionando los antisueros y los virus (antígenos) en medios líquidos y formando precipitados que podían ser observados a simple vista.¹⁸ Los métodos de detección serológica de precipitación en medio líquido fueron usados por aproximadamente 20 años y fueron progresivamente sustituidos por los métodos de ensayo de inmuno-absorción ligado a enzimas (enzyme-linked immuno-sorbent assay) o ELISA por sus siglas en inglés.

- **Técnica de ELISA:** Clark y Adams (1977) mostraron que el método de ELISA en placa podía ser efectivamente aplicado a la detección de virus vegetales, desde ése tiempo a la fecha, dicho método ha sido ampliamente usado. Muchas variantes del procedimiento básico han sido desarrolladas con el objetivo de optimizar la prueba para propósitos particulares.

González Garza¹⁷ también anota que el método es muy económico en el uso de los reactivos y rápidamente adaptado a las mediciones cualitativas y cuantitativas. Puede ser aplicado a virus de varios tipos de morfología y a preparaciones purificadas o de extractos crudos. Es muy sensible, pudiendo detectar concentraciones de 1 a 10 ng/ml. Los métodos aplicables de ELISA más comunes son: ELISA en placa, ELISA en membrana (immunoblotting) empleando ya sea antisueros policlonales o monoclonales, inmuno_ adsorción-microscopía electrónica (ISEM por sus siglas en inglés) e inmuno_cromatografía o tiras reactivas (Immunochromatographic or Strip Tests)

1.2.2. Detección por métodos moleculares

La detección de virus mediante métodos moleculares puede ser usada cuando existe conocimiento de al menos una parte de la secuencia del genoma del virus.

- **Reacción en cadena de polimerasa PCR:** En 1986 el Dr. Kary Mullis desarrolló la PCR, técnica de Biología Molecular que amplifica un gran número de copias de un fragmento de ADN particular. Esta técnica se fundamenta en la propiedad natural del ADN polimerasa para replicar hebras de ADN, para lo cual se emplean cuatro pasos:
 - a) desnaturalización a alta temperatura (normalmente entre 94 o 95 °C) para separar las hebras del ADN

¹⁷ USDA INTAGRI. Scott, Bauer, et al. El Virus Huasteco del Chile (PHV) 20S.C.htm - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C.

¹⁸ González, G.R. 2017. Evolución de Técnicas de Diagnóstico de Virus Fitopatógenos. Serie Fitosanidad Núm. 98. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 12 p.

- b) anillado de los dos “primers” (corta sección de ADN que sirve como partidor, cebador o iniciador) a su secuencia complementaria en sus dos hebras de ADN y cuya temperatura depende del tamaño y composición nucleotídica del “primer”
- c) la extensión del “primer” para formar la cadena complementaria por el ADN polimerasa, normalmente a 72 °C
- d) la extensión final durante 5 o 10 minutos con la misma temperatura (Naidu y Huges, 2001).

En cada ciclo las nuevas hebras de ADN sirven de plantilla para los nuevos ciclos por lo que repitiendo los primeros tres pasos 30 o 40 veces en un termociclador automático, la cantidad de nuevas hebras de ADN amplificadas suman millones y pueden ser analizadas en un gel de agarosa tiñendo el ADN con bromuro de metilo que revela la amplificación realizada, a ésta técnica se le llama PCR de punto final.

La velocidad, la especificidad, la versatilidad de la técnica de la PCR la hicieron la más adecuada y la más utilizada en muchas áreas de la Biología Molecular y la más atractiva en el diagnóstico de las enfermedades virales de los vegetales (Rodriguez y Barrera 2004).¹⁹

1.3. El virus del mosaico dorado del chile (PepGMV)

Según Brown (2003a), el PepGMV podría ser un complejo de genotipos estrechamente relacionados, pertenecientes al género Begomovirus, en la familia Geminiviridae, que ocurre en mezclas o individualmente. Los miembros de este complejo viral poseen un genoma bipartito consistente en aproximadamente 5.2 kilobase -kb-²⁰. Los dos componentes genómicos, denominados A y B, contienen seis o siete genes que codifican las proteínas necesarias para que el virus complete un ciclo infectivo.¹⁹

La presencia de este virus ha sido mencionada en el centro del estado de Veracruz donde infectaba plantas de los chiles tipo Chiltepín, Bolita, Jalapeño, Manzano y Habanero (Landa, 2012). En Tamaulipas en plantas de chile serrano, las pérdidas en rendimiento causadas por este virus pueden alcanzar hasta el 43% (Yañez et al., 1991).

Sintomatología

Las plantas de chile infectadas con este virus exhiben un rango amplio de síntomas, dependiendo de la composición del complejo presente y de la especie o variedad de chile infectada. Las plantas infectadas podrán mostrar un mosaico foliar cuyo color variará de amarillo opaco hasta un dorado brillante. De acuerdo con Rentería-Canett et al. (2011) al inocular plantas de chile con PepGMV los primeros pares de hojas que emergieron a los 7 a 14 días después de la inoculación mostraban síntomas de amarillamiento y distorsión.

Cuando este virus se inoculó simultáneamente con PHYVV, los síntomas anteriores aparecieron con mayor severidad, no mostraron remisión y usualmente las plantas infectadas no tuvieron producción.

¹⁹ González, G.R. 2017. Evolución de Técnicas de Diagnóstico de Virus Fitopatógenos. Serie Fitosanidad Núm. 98. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 12 p.

²⁰ Kilobase (kb) - Unidad de longitud de los ácidos nucleicos que corresponde a 1000 nucleótidos. En DNA bicatenario sería 1000 pares de bases (Kbp).

Los síntomas asociados con la infección de plantas de chile por PepGMV en Baja California Sur fueron deformación foliar, mosaicos, clorosis intervenal y arrugamientos foliares (Holguín-Peña et al., 2004). Las muestras analizadas en el estudio de detección de virosis, realizada en San Luis Potosí, México; provenían de plantas de chile que mostraban síntomas como amarillamiento, enanismo, follaje clorótico o amarillo en la planta completa, ausencia total o parcial de estructuras reproductivas (botones, flores o frutos), hojas alargadas y de consistencia gruesa, así como frutos pequeños y deformes²¹ El impacto en la producción es igualmente severo si las plantas son infectadas en etapas tempranas, aun cuando la infección sea deba solamente a PepGMV (Carrillo-Tripp et al., 2007).²²

Epidemiología

En Baja California Sur, México, se ha reportado que este virus puede ser transmitido de manera persistente por las mosquitas blancas (*Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolii* Bellows & Perrings); en forma natural se encontró en la maleza conocida como toloache (*Datura discolor* Bernh.) mostrando síntomas como clorosis y mosaicos (Holguín-Peña et al., 2004). Los miembros de este complejo de geminivirus no son transmitidos por semilla, aunque algunos de ellos pueden ser mecánicamente transmitidos, con dificultad, de planta a planta; la enfermedad es más severa cuando las parcelas de chile se localizan en la cercanía de parcelas de jitomate (Brown, 2003a).²²

Vectores

Chicharritas saltadoras (*Circulifer tenellus*).

Estas chicharritas saltadoras están presentes en el continente americano, son insectos pequeños que miden de 3.1 a 3.5 mm de largo y menos de 1.0 mm de ancho, son muy activos en climas áridos y semiáridos, se alimentan de la savia contenida en las plantas localizándola gracias a su capacidad de detectar los gradientes de pH diferenciando al parénquima ácido del floema alcalino. Cuando una chicharrita se alimenta de una determinada planta el daño que puede provocar por sí misma es mínimo o casi nulo; sin embargo, la causa por la cual se ha convertido en una limitante en la producción de cultivos de interés económico es su alta capacidad para transmitir agentes fitopatógenos a malezas y cultivos de interés económico entre los que destacan los Geminivirus.

La interacción entre el vector y los virus inicia al momento de que la chicharrita se alimenta de una planta infectada por un virus y este es ingerido, los viriones pasan a través del canal alimenticio y llegan al tracto digestivo en donde son absorbidos probablemente mediante un mecanismo de endocitosis mediado por un receptor (Nault, 1997).

21 Luis Roberto Reveles Torres, Rodolfo Velásquez Valle, Jorge Armando Mauricio Castillo y Silvia Salas Muñoz Detección de Infecciones Mixtas Causadas por Begomovirus y Curtovirus en Plantas de Chile para Secado en San Luis Potosí, México. Septiembre 2012.

22 Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

Una vez que los viriones llegan a la hemolinfa son transportados a las glándulas salivales para después ser transmitidos a otra planta al momento de alimentarse. La detección del virus en cada uno de los órganos involucrados en la transmisión nos indica que se trata de una transmisión circulativa persistente (Bennett, 1971).²³

Experimentos realizados con Beet mild curly top virus (BMCTV) nos muestran que una chicharrita tarda en promedio de uno a dos minutos (Bennett, 1971) en adquirir el virus al alimentarse y que después de una hora de alimentación, la cantidad de virus adquirido por el vector es suficiente para una transmisión efectiva a nuevas plantas (Soto y Gilbertson 2002). La alta eficiencia mostrada para adquirir los viriones se explica por la facilidad para ubicar al floema y las altas cantidades de savia ingeridas. Se ha confirmado que el virus no se replica dentro del vector, solo es persistente aproximadamente por un mes y no hay transmisión transovárica (Soto y Gilbertson 2002).²³

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

La correlación entre la presencia de grandes poblaciones de mosquita blanca y la aparición de síntomas característicos de infección por geminivirus ha sido una constante desde finales del siglo XIX.

Las condiciones climáticas y geográficas ayudaron en la distribución de los biotipos pertenecientes a este género de tal forma que en México se encontraba de manera predominante el biotipo A el cual tiene una tasa reproductiva limitada, un rango moderadamente limitado de hospederos y era capaz de transmitir Begomovirus.

El ciclo infectivo de los Begomovirus es del tipo circulativo no persistente y tiene como etapas principales: la adquisición del virus por parte del vector después de alimentarse por al menos 15 minutos de una planta infectada y la posterior inoculación del virus al seguir alimentándose de plantas sanas (Hunter et al., 1998). A parte de transmitir Begomovirus y algunos otros fitopatógenos, provocan alteraciones en la estructura de la planta pues al alimentarse ingieren su savia y producen efectos fitotóxicos; los residuos de savia presentes en la lámina foliar favorecen la aparición de fumagina la cual es la acumulación de una capa de hongos oscuros que bloquean el proceso de la fotosíntesis. Siempre que se identifican infecciones severas causadas por Begomovirus el primer paso y más importante es identificar y controlar al insecto vector mediante técnicas como: la liberación de machos estériles, uso de depredadores naturales, colocación de barreras biológicas, erradicación de malezas y empleo de variedades resistentes.²³

Malezas como Reservorios de Geminivirus

Cuando un cultivo determinado está presente durante todo el año, las mismas plantas son potencialmente la fuente de geminivirus. Además, las malezas susceptibles a la infección viral pueden actuar como reservorio del virus, constituyendo un “puente” de infección entre las estaciones de cultivo.

²³ Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

Entre las plantas arvenses que han sido reportadas como hospederas sintomáticas de geminivirus se encuentran principalmente plantas de las familias de las Solanáceae, Euforbiáceae y Malváceae tal es el caso del Sida mosaic Sinaloa Virus, una nueva especie de Begomovirus aislado de (*Sida rhombifolia*) (Mauricio-Castillo et al., 2014a).²⁴

Algunos virus muestran una alta especificidad por los huéspedes que infectan, como es el caso del virus del enrollamiento de la hoja de la calabaza (Squash leaf curl virus) con su hospedante natural, calabaza (*Cucurbita pepo* L.) (Polston et al., 1989).

2. OBJETIVOS

2.1. **GENERAL:** Desarrollar el estudio inicial de las virosis fitopatogénicas en el cultivo de chile Cahabonero, que sirva de base para futuros estudios que puedan generar métodos de manejo integral y preventivos de estas fitopatías.

2.2. ESPECÍFICOS:

2.2.1. Determinar el porcentaje de incidencia de virosis en el cultivo de chile Cahabonero (*Capsicum annuum* L) en cinco localidades de Santa María Cahabón.

2.2.2. Identificar en Laboratorio, con métodos Bioquímicos los tipos o complejos de virus que son agentes causales de estas fitopatías.

3. HIPÓTESIS:

En las localidades a intervenir hay presencia de complejo o grupo de virus que afectan al cultivo de chile Cahabonero y el % de plantas afectadas por la presencia de esta fitopatía de origen viral en el cultivo se puede considerar de importancia económica.

4. METODOLOGÍA

4.1. Localidad y época

Este trabajo de investigación se realizó en el municipio Santa María Cahabón, del departamento de Alta Verapaz. La intervención se hizo en cinco comunidades: Sactá, Pinares, Tzalamtun, San José Canihor y Sexoy (ver mapa de ubicación, figura 1 del ANEXO). Estas localidades del municipio fueron seleccionadas por ser representativas de las regiones donde se cultiva el chile Cahabonero según lo informa el Análisis de la cadena de chile Cahabonero²³; sin tomar en cuenta si ha habido historial o reporte de presencia o no de plantas con síntomas parecidos a los de virosis, para evitar el sesgo de los resultados estadísticos del estudio.

23 Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

24 CATIE. 2016. Informe Análisis de la Cadena de Chile Cahabonero Región Norte de Guatemala

4.2. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó el diseño experimental de Bloques al Azar en cinco localidades del municipio Santa María Cahabón; cada parcela estuvo integrada por tres bloques los cuales se ubicaron al azar, para las lecturas y toma de datos. Se usó el método de Muestreo total de la población experimental, realizando lectura y conteo de plantas con síntomas visibles de virosis y toma de datos, cada dos semanas.

4.3. Tratamientos

No se realizó otra acción, aparte de determinar el número de individuos de la población experimental, que estuvieron afectados y presentaron síntomas visibles de afección por virosis. Estos datos se obtuvieron por medio de las lecturas periódicas, los cuales integraron de forma elemental el Monitoreo de la Incidencia de Virosis.

4.4. Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental o parcela estuvo integrada por una población total de plantas en estudio, distribuidas en 3 bloques de lectura; cada bloque fue elegido completamente al azar dentro de la parcela seleccionada en cada comunidad o localidad del municipio.

Los bloques de lectura en cada parcela de investigación tuvieron un área de 100 metros cuadrados cada uno, para hacer un total de 300 metros cuadrados por parcela, en todas las localidades intervenidas uno de los 3 bloques de lectura estuvo en la orilla del área de cultivo y continuaba hacia adentro de la misma, esto con la finalidad de detectar el comportamiento de vectores que migran de las áreas circundantes hacia el área cultivada.

4.5. Modelo estadístico

$$TPI = \frac{N}{PT} * 100$$

TPI es tasa porcentual de la incidencia

N es el número de casos nuevos a lo largo de un período

PT es la población total en riesgo, a lo largo del período especificado

4.6. Variables de respuesta

Para determinar la “Incidencia de virosis” en cada localidad intervenida, se obtuvo el porcentaje de plantas que presentaron síntomas visibles de virosis durante los nueve meses que duró el estudio, en relación al total inicial de la población experimental; lo cual indicó la tasa de incidencia mensual de la fitopatía.

4.7. Manejo del experimento

4.7.1. Monitoreo de la incidencia

Establecimiento de parcelas y Bloques de lectura

Para iniciar el experimento se seleccionó la parcela de un productor local de cada comunidad elegida. Esta selección se hizo sin preguntar si había o no presencia de síntomas de virosis, esto con la finalidad de evitar el sesgo estadístico del estudio.

Una vez seleccionada la parcela, se definió y delimitó los tres bloques de lectura, completamente al azar. Cada bloque de lectura estuvo formado por un área de 100 metros cuadrados; y la sumatoria de las plantas que quedaron dentro de los tres bloques de lectura integró la población total de cada parcela experimental.

Es necesario aclarar que el período tradicional de cultivo del chile Cahabonero, en el municipio Santa María Cahabón, es de diciembre a octubre. Esto significa que cuando se inició este proyecto de investigación en el mes de agosto del 2019, se intervino plantaciones de cultivo que fueron sembradas en diciembre de 2018, cuyo ciclo finalizó en octubre del 2019.

A esta población que se estudió en el período de agosto a octubre del 2019; se le llamó el primer Cohorte y el Monitoreo de la Incidencia de Virosis se le hizo en el último trimestre de su ciclo, en la fase de producción y finalización de la cosecha.

Con la finalidad de tener datos de la “Incidencia de Virosis en las primeras etapas de desarrollo del cultivo de chile Cahabonero, en las cinco regiones de Santa María Cahabón”, se reinició el estudio en el mes de diciembre del 2019, cuando inició un nuevo período tradicional del cultivo; para lo cual se hizo nuevamente todo el proceso del establecimiento de Parcelas y Bloques de lectura en las mismas localidades y con los mismos actores locales dueños de parcela. A esta segunda población de estudio se le llamó el Segundo Cohorte y se le realizó el Monitoreo de la Incidencia de virosis desde la siembra hasta el mes de mayo del 2020, cuando estaba en estado fenológico de floración e inicio de formación de frutos.

Definición de la población de plantas a estudiar

Una vez delimitados los Bloques de lectura, se procedió a hacer el conteo de las de plantas que quedaron dentro de dichas delimitaciones, esto para conocer el total de plantas que serían objeto del “estudio de la Incidencia de Virosis”; los datos correspondientes se encuentran en el cuadro 1.



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Cuadro 1

Datos del conteo de plantas dentro de cada Bloque de lectura para establecer la población de plantas a estudiar en cada Cohorte de Monitoreo.

Localidad Parcela	Bloque	Primer Cohorte	Segundo Cohorte
Santa Cruz Miraflores, Sexoy	1	126	235
	2	151	201
	3	72	125
	Tot / Parcela	349	561
Tzalamtun	1	277	88
	2	284	146
	3	290	81
	Tot / Parcela	851	315
Pinares	1	300	286
	2	136	275
	3	65	273
	Tot / Parcela	501	834
Sactá	1	55	65
	2	279	81
	3	121	211
	Tot / Parcela	455	357
Canihor	1	88	113
	2	124	112
	3	128	215
	Tot / Parcela	340	440

Fuente: elaboración propia

Monitoreo de la Incidencia de Virosis

La Tasa Porcentual de Incidencia -TPI- de virosis se calculó en base a la población de plantas establecida desde el inicio de cada Cohorte de estudio, es decir que no se permitió la entrada de nuevos individuos durante el desarrollo del estudio y tampoco se consideró alteración de la población referencial por deceso de individuos en estudio, como producto de cualquier factor. El efecto y el dato de Cohorte fijado se mantuvo a lo largo del Monitoreo, aunque se perdieran individuos de la población experimental.

Para conocer el número de individuos que desarrollaron el evento en estudio (plantas que presentaron síntomas visibles de virosis), en cada lectura y toma de datos se realizó una inspección del 100% de la población experimental, haciendo un recorrido en cada bloque de lectura y anotando la cantidad de plantas que presentaron síntomas de virosis.



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Oficina del IICA en Guatemala

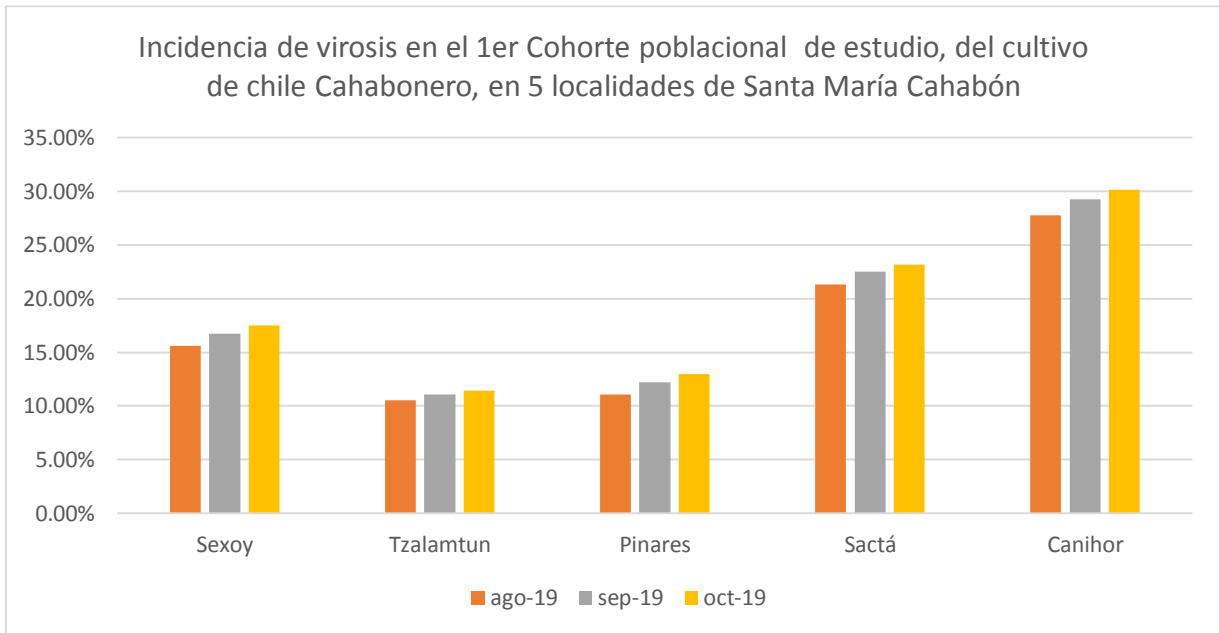


Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Se hizo dos lecturas y toma de datos por mes, durante los nueve meses que duró el estudio. La primera lectura se realizó el mismo día de establecimiento de las parcelas, en ambos Cohortes de monitoreo.

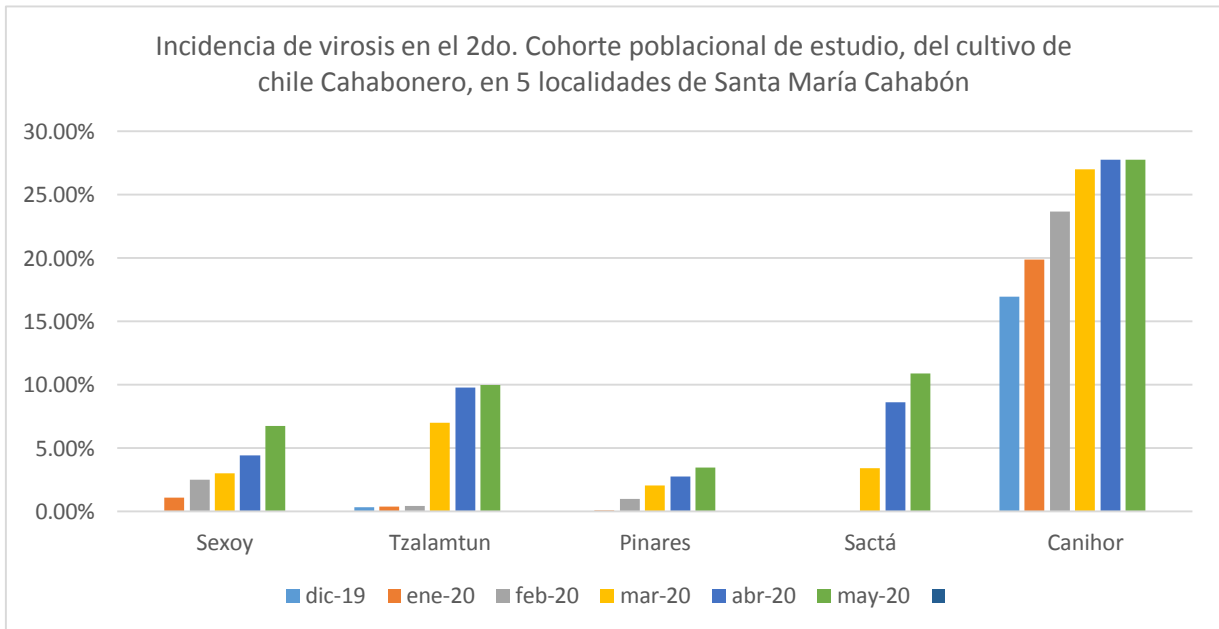
Los resultados del comportamiento cronológico de la incidencia de virosis, se presentan en las gráficas 1 y 2

Gráfica 1



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2



Fuente: elaboración propia

Los datos de Incidencia final acumulada o total para cada Cohorte poblacional estudiado se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Resultados del cálculo de la Tasa Porcentual de Incidencia -TPI- de virosis en los dos Cohortes poblacionales de estudio, en el cultivo de chile Cahabonero

Parcela / Ubicación	Bloque	agosto - octubre 2019			diciembre 2019 - mayo 2020			Cohorte total	Incidencia total	TPI total
		Primer Cohorte	Incidencia	TPI	Segundo Cohorte	Incidencia	TPI			
Santa Cruz Miraflores, Sexoy	1	126	22	17.46%	235	14	5.96%	361	36	9.97%
	2	151	21	13.91%	201	16	7.96%	352	37	10.51%
	3	72	19	26.39%	125	8	6.40%	197	27	13.71%
	Tot / Parcela	349	62	17.77%	561	38	6.77%	910	100	10.99%
Tzalamtun	1	277	34	12.27%	88	10	11.36%	365	44	12.05%
	2	284	31	10.92%	146	9	6.16%	430	40	9.30%
	3	290	32	11.03%	81	13	16.05%	371	45	12.13%
	Tot / Parcela	851	97	11.40%	315	32	10.16%	1166	129	11.06%
Pinares	1	300	24	8.00%	286	7	2.45%	586	31	5.29%
	2	136	22	16.18%	275	8	2.91%	411	30	7.30%
	3	65	20	30.77%	273	13	4.76%	338	33	9.76%
	Tot / Parcela	501	66	13.17%	834	28	3.36%	1335	94	7.04%
Sactá	1	55	19	34.55%	65	7	10.77%	120	26	21.67%
	2	279	52	18.64%	81	6	7.41%	360	58	16.11%
	3	121	35	28.93%	211	14	6.64%	332	49	14.76%
	Tot / Parcela	455	106	23.30%	357	27	7.56%	812	133	16.38%
Canihor	1	88	18	20.45%	113	11	9.73%	201	29	14.43%
	2	124	31	25.00%	112	13	11.61%	236	44	18.64%
	3	128	55	42.97%	215	58	26.98%	343	113	32.94%
	Tot / Parcela	340	104	30.59%	440	82	18.64%	780	186	23.85%

Fuente: elaboración propia

4.7.2. Identificación Bioquímica de agentes causales

La identificación del virus agente causal de la Virosis en el cultivo de chile Cahabonero, en las cinco parcelas donde se desarrolló este estudio; lo realizó el Laboratorio de Protección Vegetal de la Universidad del Valle de Guatemala, ubicado en el campus central; zona 15 de la ciudad de Guatemala.

Para el diagnóstico y detección de virus el Laboratorio usó técnicas Bioquímicas Moleculares, de acuerdo al caso, los cuales son:

- a) Reacción en cadena de la Polimerasa - PCR (Polymerase Chain Reaction)
- b) Reacción en cadena de la Polimerasa con Transcriptasa Inversa - RT-PCR (Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction)
- c) Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas - ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay).

En el primer Cohorte poblacional de estudio, en cada parcela de investigación se tomó una muestra foliar compuesta para cada Bloque de lectura.

Cada muestra foliar estuvo compuesta por un promedio de 30 hojas de chile Cahabonero con síntomas visibles de virosis, tales como mosaico foliar cuyo color variaba de amarillo opaco hasta un dorado brillante, deformación foliar, mosaicos cloróticos, clorosis intervenal, arrugamientos foliares y hojas con muy poco desarrollo.

Las 30 hojas de chile Cahabonero que formaron una muestra se tomó de diferentes plantas en el mismo Bloque de lectura. En algunos casos fue necesario tomar 2 muestras por Bloque, debido a la cantidad de plantas con síntomas visibles de virosis, pero en la mayoría de los casos se tuvo 3 muestras por parcela de investigación (una muestra compuesta, por Bloque).

La toma de muestras, el manejo, la conservación de las mismas y el transporte se realizó de acuerdo al procedimiento establecido en el protocolo correspondiente; el cual fue facilitado por la el Laboratorio de Protección Vegetal. (ver figura 2 del ANEXO)

Las muestras se entregaron al Laboratorio en un lapso no mayor de 24 horas después de tomadas.

Para poder identificar al agente causal de la Virosis en el cultivo de chile Cahabonero, inicialmente el Laboratorio realizó una gama de análisis llamado “Barrido”; el cual consiste en hacer pruebas generales por grupo de virus, para identificar a cuál grupo pertenece el virus presente en las muestras foliares, esto se hace considerando que los 13 virus que afectan al género *Capsicum* están clasificados en 4 grupos y 2 individuales, los cuales son: Begomovirus, Tospovirus, Potyvirus, Tobamovirus, cucumber mosaic virus -CMV- y pepino mosaic virus -PepMV-.

La combinación del método Bioquímico empleado, la especificidad de análisis realizado y el nombre grupal o individual del virus analizado; se encuentra en el cuadro 3.

Cuadro 3: Resumen de procedimientos de Laboratorio

Nombre	Begomovirus	Tospovirus	Potyvirus	Tobamovirus	CMV	PepMV
Método Bioquímico	PCR	RT-PCR	RT-PCR	RT-PCR	RT-PCR	ELIZA
Especificidad	General	General	General	General	Individual	Individual

Fuente: elaboración propia

En el 99% de las muestras foliares compuestas entregadas al LPV, el resultado fue positivo para el diagnóstico general de los Begomovirus, en el restante 1% no se detectó presencia de virus.

Basado en los resultados anteriormente mencionados, el siguiente paso del proceso de Identificación del agente causal de la virosis en el cultivo de chile Cahabonero, fue realizar el diagnóstico específico para el género de los Begomovirus y de esta manera identificar cuál o cuáles de los virus agrupados en esta categoría estaba causando dicha fitopatía. El resultado del análisis de laboratorio de esta segunda fase de diagnóstico fue la presencia del “**virus del mosaico dorado del chile**” -PepGMV- (peper Golden mosaic virus). Ver resultados de laboratorio en figura 3 del ANEXO.

Como ya se mencionó en la base teórica de este proyecto de investigación aplicada, el PepGMV no se transmite por semilla y muy difícilmente se transmite en forma mecánica; su principal medio de propagación es por sus vectores: las Chicharritas saltadoras (*Circulifer tenellus*) y la mosquita blanca (*Bemisia tabacci*).

El comportamiento de este virus en los vectores, para su transmisión es “circulativo persistente” ya que al momento de que la chicharrita o mosquita blanca se alimenta de una planta infectada por un virus y este es ingerido, los viriones pasan a través del canal alimenticio y llegan al tracto digestivo en donde son absorbidos mediante un mecanismo de endocitosis mediado por un receptor; una vez que los viriones llegan a la hemolinfa son transportados a las glándulas salivales para después ser transmitidos a otra planta al momento de alimentarse.

5. Análisis de Resultados

Los síntomas visibles de la virosis que se encontró en las plantaciones que fueron objeto de este estudio de investigación concuerdan con los descritos en la literatura de referencia. Las muestras analizadas provenían de plantas de chile que mostraban amarillamiento, enanismo, follaje clorótico o amarillo en la planta completa, ausencia total o parcial de estructuras reproductivas (botones, flores o frutos), hojas alargadas, hojas miniatura y de consistencia gruesa, así como frutos pequeños y deformes.

El análisis y diagnóstico de laboratorio para la Identificación Bioquímica de agentes causales, reportó la presencia del virus del mosaico dorado del chile -PepGMV-, el cual pertenece al género de los Begomovirus, que al mismo tiempo se clasifica dentro de la familia de los Geminiviridae.

Es importante recalcar que los principales vectores de los Begomovirus y específicamente del PepGMV pueden sobrevivir en las malezas durante la época que está ausente el cultivo, se desarrollan y aún transmiten el virus en las especies de plantas arvenses que pertenecen a las familias de las Solanáceae, Euforbiáceae y Malváceae.

Las muestras foliares compuestas para análisis de laboratorio, se tomaron tanto en el primer Cohorte; como en el segundo Cohorte. Y los resultados fueron los mismos, lo cual confirma en definitiva al principal agente causal de virosis en el cultivo de chile Cahabonero para las cinco localidades intervenidas por el proyecto de investigación.

Es necesario indicar que el análisis de resultados de cada Cohorte poblacional de estudio, se hizo por separado; porque fueron dos ciclos de cultivo diferentes los que se intervinieron para su estudio.

En el primer Cohorte poblacional de estudio, la localidad con menor Incidencia de virosis fue Tzalamtun con 11.40% de plantas infectadas que presentaron síntomas de la enfermedad y la localidad con mayor Incidencia fue Canihor con 30.59% de plantas afectadas.

El Monitoreo de esta fitopatía muestra que, durante el último trimestre del ciclo 2018 - 2019 de este cultivo, el incremento o avance de la virosis en la localidad Tzalamtun fue de 1.18%; y en la localidad Canihor el avance de la enfermedad fue de 3.82% durante el mismo período. En las otras tres localidades, el promedio de avance de la virosis fue de 2.82% durante el período mencionado.

Aun cuando no es apropiado promediar los cinco datos de Incidencia obtenida para generalizar la información a todo el municipio Santa María Cahabón; se puede decir que en el primer ciclo de cultivo que fue objeto de estudio en este proyecto de investigación, la Incidencia de virosis en el cultivo de chile Cahabonero, para el último trimestre del ciclo cultivar estuvo entre 11.40% y 30.59% de plantas infectadas por virus, en las cinco localidades intervenidas.

En el segundo Cohorte poblacional de estudio, fue muy importante establecer el período que transcurrió desde la siembra del cultivo hasta la aparición de los primeros síntomas visibles de virosis y su relación con la Tasa Porcentual de Incidencia obtenida; cuyos datos se presentan en el cuadro 4

Cuadro 4: Relación entre el período de aparición de la enfermedad y la Tasa Porcentual de Incidencia

Localidad / parcela	Fecha siembra	Fecha primeros síntomas	Días a primera presencia virosis	TPI
Sexoy	31 octubre 2019	24 enero 2020	85	6.77%
Tzalamtun	05 diciembre 2019	27 enero 2020	53	10.16%
Pinares	18 octubre 2019	26 marzo 2020	160	3.84%
Sactá	30 noviembre 2019	30 marzo 2020	121	10.90%
Canihor	18 octubre 2019	28 enero 2020	102	27.75%

Fuente: elaboración propia

La localidad Tzalamtun fue la primera en presentar plantas afectadas por virosis a los 53 días después de la siembra; sin embargo, no fue la que tuvo mayor Incidencia.

La localidad Pinares fue la última en presentar síntomas de virosis, a los 160 días después de la siembra y fue la que tuvo la menor Incidencia con 3.45%



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Al igual que en el primer Cohorte, la localidad Canihor tuvo la mayor Incidencia con 27.75% de plantas afectadas por virosis; y presentó los primeros síntomas a los 102 días después de la siembra.

Resumiendo la información anterior, tenemos como resultado que la Tasa Porcentual de Incidencia no está relacionada directamente con el número de días que pasan desde la siembra hasta la aparición de la enfermedad en el cultivo.

En el caso del segundo ciclo de cultivo intervenido (segundo Cohorte), se entiende que el incremento o avance de la enfermedad durante los 6 meses de estudio, es la Tasa Porcentual de Incidencia obtenida en cada localidad.

En los primeros seis meses de vida de las plantaciones de chile Cahabonero, la Incidencia de virosis osciló entre el 3.84% y el 27.75% de plantas infectadas y afectadas por virus; en las cinco localidades que fueron objeto de estudio.

Se realizó análisis estadístico (a cargo del Dr. Ezequiel López Bautista) para comprobar la normalidad de los datos, la no dispersión de los mismos y el intervalo de confianza; esto con la finalidad de confirmar que estadísticamente los resultados obtenidos son confiables y pueden ser válidos para localidades aledañas a las del estudio, que tengan condiciones muy parecidas.

Los resultados del análisis estadístico, son:

Para este primer Cohorte poblacional de estudio el análisis estadístico clasifica a las cinco localidades solo en dos grupos, por las similitudes de los resultados. Es decir que la Incidencia de virosis es similar para las localidades; Canihor y Sactá.

Análisis de la varianza

Cohorte	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	LN TPI	15	0.71	0.50	20.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.38	6	0.40	3.34	0.0594
Parcela	1.70	4	0.42	3.58	0.0589
Bloque	0.68	2	0.34	2.86	0.1153
Error	0.95	8	0.12		
Total	3.33	14			

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.1186 gl: 8

Parcela	Medias	n	E.E.	
Canihor	-1.28	3	0.20	A
Sactá	-1.32	3	0.20	A
Santa Cruz	-1.70	3	0.20	B
Pinares	-1.84	3	0.20	B
Tzalamtun	-2.18	3	0.20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Dr. Ezequiel López Bautista



CRIA



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

En el segundo Cohorte poblacional de estudio, nuevamente Canihor tiene la más alta Tasa Porcentual de Incidencia: 27.95%; las otras localidades no difieren mucho en el comportamiento de los índices de afección y el análisis estadístico agrupa a tres de ellos junto a Canihor en un mismo nivel de comportamiento, dejando a Pinares relegado a un puesto de menor porcentaje de plantas afectadas.

En los primeros seis meses de ciclo del cultivo, desde la siembra, la Incidencia de virosis es similar para las comunidades: Canihor, Tzalamtun, Sactá y Santa cruz Sexoy.

Cohorte	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	LN TPI	15	0.80	0.64	14.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.56	6	0.76	5.22	0.0181
Parcela	4.06	4	1.02	6.97	0.0101
Bloque	0.50	2	0.25	1.70	0.2417
Error	1.17	8	0.15		
Total	5.72	14			

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.1457 gl: 8

Parcela	Medias	n	E.E.	
Canihor	-1.91	3	0.22	A
Tzalamtun	-2.28	3	0.22	A
Sactá	-2.51	3	0.22	A
Santa Cruz	-2.72	3	0.22	A
Pinares	-3.47	3	0.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Dr. Ezequiel López Bautista

La normalidad de los datos se analizó con una regresión de Shapiro - Wilks, he indica que la dispersión de datos esta justo dentro de los límites de la normalidad por lo que los resultados pueden ser válidos para localidades aledañas a las de estudio, que tengan condiciones agro-edafo-climáticas muy parecidas con las que se desarrolló el proyecto de investigación.

Shapiro-Wilks (modificado)

Cohorte	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
1	RDUO TPI	15	0.00	0.05	0.93	0.4155
2	RDUO TPI	15	0.00	0.03	0.96	0.8125
3	RDUO TPI	15	0.00	0.04	0.93	0.4745

El Cohorte 3, es la sumatoria de los 2 reales; como referencia de análisis.

Fuente: Dr. Ezequiel López Bautista



CRIA

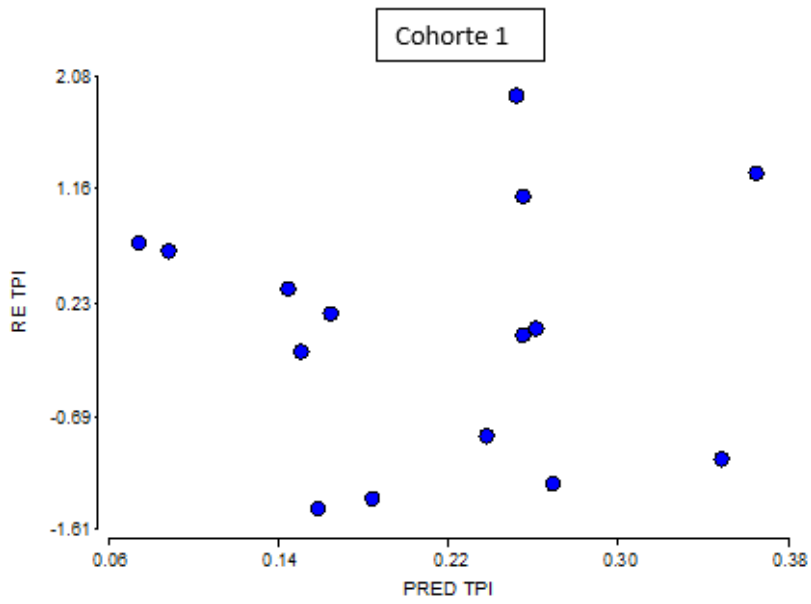


GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMATTI

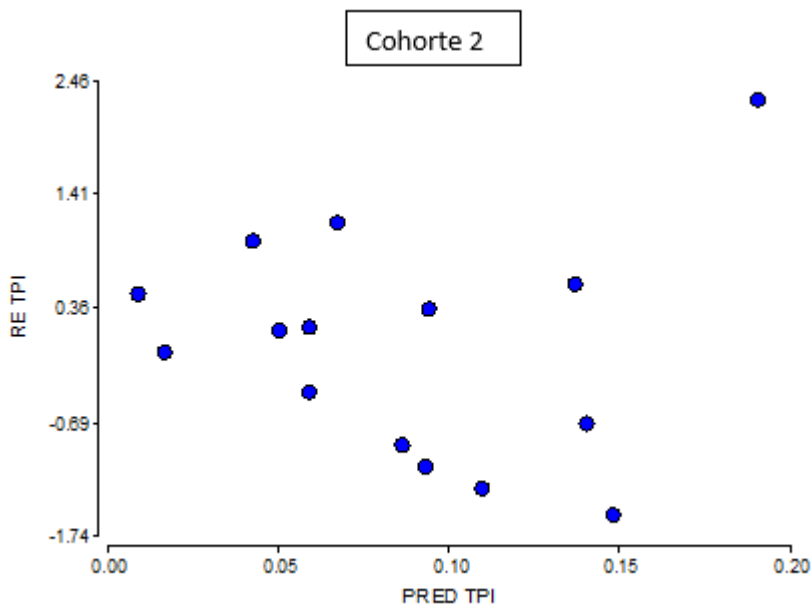


Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

No hay falta de normalidad



Fuente: Dr. Ezequiel López Bautista



Se nota una leve heterogeneidad de varianzas

Fuente: Dr. Ezequiel López Bautista



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

6. Conclusiones

- 6.1. El Monitoreo de Incidencia de virosis en el cultivo de chile Cahabonero, se hizo en dos diferentes ciclos de cultivo; en las cinco localidades de estudio.
- 6.2. El proyecto de investigación se inició interviniendo parcelas del cultivo que se encontraban en estado fenológico de frutos maduros, en etapa de cosecha; las cuales tradicionalmente habían sido sembradas en diciembre del año 2018. Y se estableció el primer Cohorte poblacional de plantas a estudiar.
- 6.3. Para el último trimestre del ciclo cultivar con que se inició el proyecto de investigación, la Incidencia de virosis en chile Cahabonero, estuvo entre 11.40% y 30.59%; en las cinco localidades intervenidas.
- 6.4. Para completar el monitoreo de la incidencia de virosis y tener datos desde el inicio del cultivo, se dio continuidad al estudio en el siguiente ciclo tradicional del chile Cahabonero; el cual conformó el segundo Cohorte poblacional para el desarrollo del proyecto de investigación.
- 6.5. Durante los primeros seis meses de etapa del cultivo de chile Cahabonero, la Tasa Porcentual de Incidencia de virosis estuvo entre el 3.84% y 27.75%; para las localidades que fueron objeto del estudio.
- 6.6. El porcentaje de plantas infectadas por virosis durante cada ciclo de cultivo del chile Cahabonero, supone una pérdida de la misma tasa porcentual en la productividad; toda vez que las plantas afectadas prácticamente no producen frutos y si en algunos casos hay fructificación, la cantidad de los mismos es mínima, son de mala calidad y muy pequeños.
- 6.7. Una disminución media del 18% de la productividad en el cultivo de chile Cahabonero, provocada por la Incidencia de virosis, es de importancia económica; por lo cual se confirma la hipótesis de estudio planteada para este proyecto de investigación.
- 6.8. El único virus que el Laboratorio detectó en el 99% de las muestras foliares enviadas para su análisis, fue el “virus del mosaico dorado del chile” -PepGMV-
- 6.9. Dado que el PepGMV se transmite principalmente por vectores y permanece en el organismo de los insectos de forma persistente; es adecuado hacer plan de manejo integrado de plagas insectiles en el cultivo de chile Cahabonero, con énfasis en las chicharritas saltonas y la mosquita blanca.
- 6.10. El manejo y control de malezas antes, durante y después del ciclo del cultivo de chile Cahabonero es básico para disminuir la población de los insectos transmisores del PepGMV; porque está comprobado científicamente que los mismos permanecen y subsisten en las plantas arvenses principalmente cuando no es época de cultivo de los *Capsicum*.
- 6.11. En el primer Cohorte poblacional estudiado, las localidades de Canihor y Sactá presentaron las más altas Tasas Porcentuales de Incidencia. La principal característica que comparten estas dos localidades en comparación a las otras tres, es que tienen menores altitudes: con 170m y 185m SNM respectivamente. Comparando los datos con las otras tres localidades, tienen una diferencia media de 245m.

7. Recomendaciones

- 7.1. Tomando en cuenta que la Literatura reporta, que en la mayoría de los casos el PepGMV se presenta en combinación con otros virus del género de los Begomovirus. Se recomienda ampliar el estudio de Incidencia de virosis a más localidades del municipio Santa María Cahabón, que abarque ciclos completos del cultivo e incluya la identificación de los agentes causales.
- 7.2. Se considera ideal que se pueda realizar estudios de poblaciones de los insectos vectores de estos virus y las especies de plantas arvenses que son sus hospederos alternos, para plantear un manejo integrado de estas plagas insectiles.
- 7.3. Como parte de las técnicas de cultivo que favorecen al buen desarrollo y productividad del chile Cahabonero; se recomienda poner atención al control de malezas dentro y en los alrededores del área de cultivo; porque aparte de otros beneficios de esta labor, ayuda a la disminución de la población de insectos vectores de virus.
- 7.4. Se recomienda a los pequeños productores que adopten la práctica del monitoreo de plagas, y así puedan decidir el momento oportuno para la aplicación de insecticidas para controlar o disminuir la población de insectos vectores de virus.
- 7.5. Cuando se presente la necesidad de aplicar insecticidas, se recomienda usar productos biológicos cuya efectividad ha sido probada en diferentes trabajos de investigación aplicada del programa CRIA, en el cultivo de chile Cahabonero; tales como Metaveria Plus, Fange, Biomix, Serenade, etc.
- 7.6. Se considera muy importante que se pueda desarrollar algún estudio que relacione la presencia de insectos vectores de virus y la Incidencia de virosis con la altitud de la localidad sobre el nivel del mar.



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



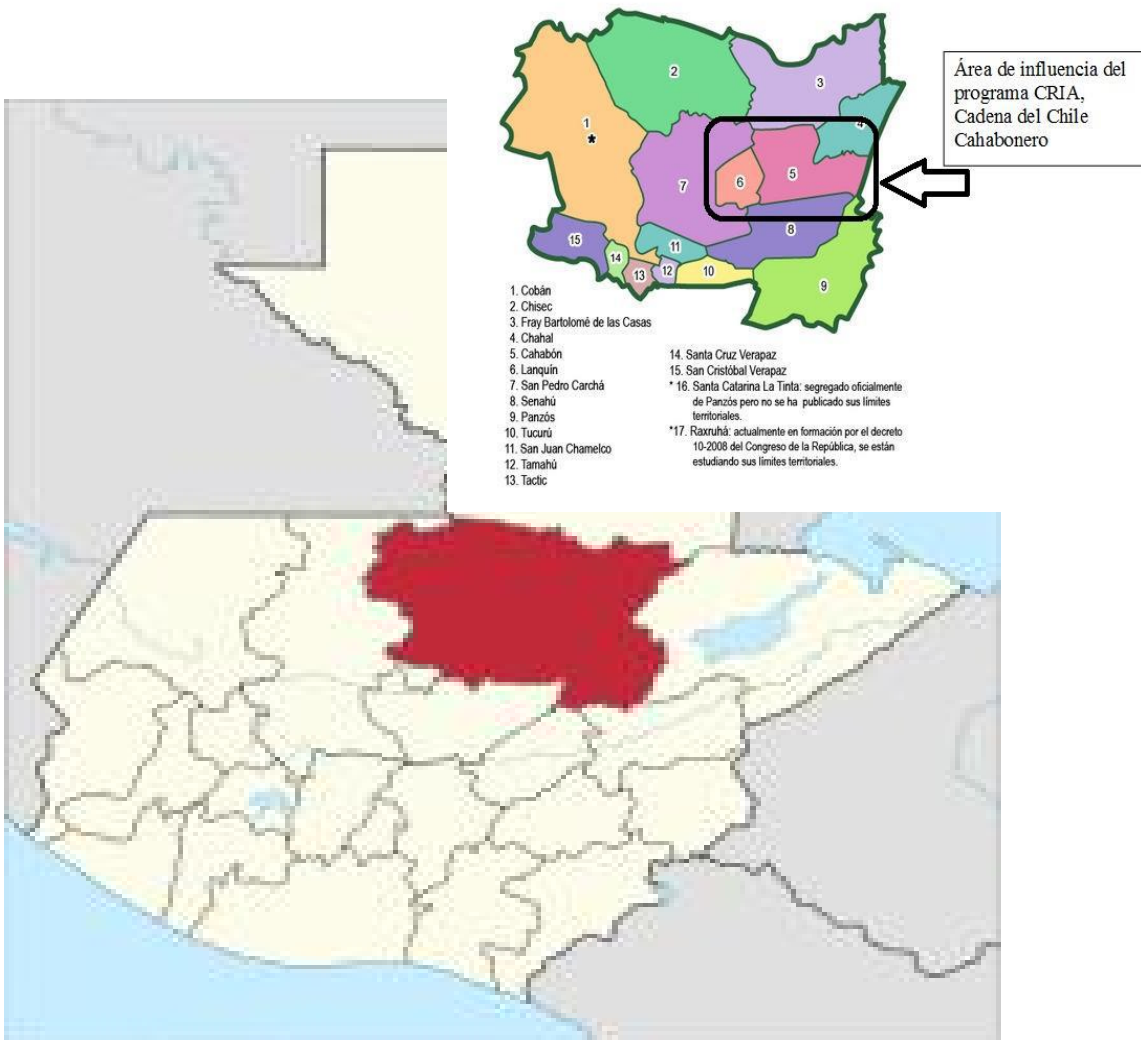
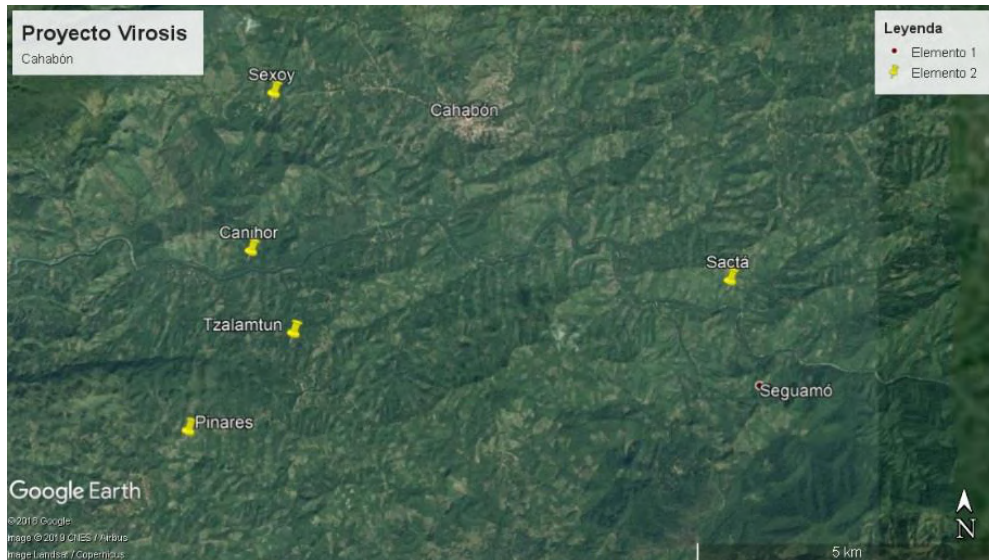
Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

8. ANEXO

Figura 1: Mapas de ubicación de las parcelas de investigación





CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



USDA IICA
Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Figura 2: Protocolo para la toma, manejo y transporte de muestras foliares compuestas

	LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL	REVISIÓN:		
	ÁREA: FITOPATOLOGÍA E HISTOLOGÍA	EDICIÓN:		
	TOMA DE MUESTRAS VEGETALES	CÓDIGO:	LPV-ITE-1037	
		PÁGINA:	1 de 3	

<p>1. REFERENCIAS</p> <p>1.1. Reid, A. 2006. Sampling and testing for plant pathogens. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth.</p> <p>1.2. Manual de toma y envío de muestras para diagnóstico de plagas en prospecciones. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia.</p> <p>2. MATERIALES E INSUMOS</p> <p>2.1. Tijeras para podar, cuchillo o navaja</p> <p>2.2. Etanol 70%</p> <p>2.3. Papel absorbente y/o paño limpio</p> <p>2.4. Bolsa plástica o sobre de papel manila</p> <p>2.5. Hielera</p> <p>2.6. Refrigerantes (ice packs) o hielo</p> <p>3. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO</p> <p>3.1. Identificar las plantas que presentan los síntomas en estadios iniciales, medios y avanzados. Se colectará únicamente de las plantas que presenten síntomas iniciales y medios. Los síntomas avanzados corresponden a partes vegetales demasiado dañadas o en estado de descomposición, que podrían tener microorganismos saprófitos abundantes y por lo tanto dificultarían la identificación del agente causal de la patología observada.</p> <p>3.2. Observar y registrar si los daños se encuentran en la plantación completa, si se encuentran en focos o en un área específica de la plantación. Anotar dicha información y otros aspectos relevantes como pendiente o inclinación del terreno, meses en que comenzaron a ser observados los síntomas, presencia de artrópodos que podrían ser potenciales vectores, dirección del viento, etc.</p> <p>3.3. Desinfectar las tijeras para podar, cuchillo, navajas o el material con que se tomará la muestra, utilizando etanol 70% y un paño limpio o toalla de papel.</p> <p>3.4. En los casos en que sea posible, tomar la planta entera, incluyendo el sistema radicular completo. Colocar la planta en una bolsa plástica o en dos bolsas plásticas, la parte aérea en una bolsa y la raíz en la otra o bien colocarla en una sola bolsa y amarrar la bolsa a nivel del cuello de la planta para evitar el paso de suelo a la parte aérea.</p> <p>3.5. Si no es posible tomar la planta completa, tomar al menos dos ramas completas de la planta de diferente punto cardinal, que presente los síntomas y de ser posible colectar flores y frutos también. Al realizar este paso, asegurarse de que se está tomando tanto tejido sano como tejido afectado. Las flores y frutos deben colectarse enteros y unidos al pedúnculo.</p> <p>Nota: En caso de observar más de un tipo de síntoma, colecte todos los estados representativos y <u>asegúrese de tomar tejido joven.</u></p> <p>3.6. Colocar la muestra en una bolsa plástica, de preferencia zip lock, puede doblarla. Si es para análisis de virus, sacar todo el aire de la bolsa para deterioro rápido de la muestra. Si es para bacterias u hongos, no es necesario. Colocarlas en un ambiente fresco, mejor si es en hielera. Evite rayos de sol directos.</p>

FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA DE PUBLICACION:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del LPV



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GUAMATTE



USDA IICA
Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Figura 3: Resultados de los análisis y diagnóstico de Laboratorio para identificación de agente causal de virosis en el cultivo de chile Cahabonero.



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.

INFORME PRELIMINAR DE RESULTADOS

LPV-FGE-74

Informe No: BV-20-36
Código Muestras: LPV-20-256 a 259
Fecha ingreso de Muestras: 13/03/2020
Fecha de inicio de Análisis: 16/03/2020

Fecha de Emisión: 13/05/2020
Remitente: Marcos Oxom
Empresa: IICA-CRIA
Dirección: N/A

A continuación, se presenta la descripción del análisis realizado a cuatro (04) muestras recibidas en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	PepMV ELISA	Begomovirus general PCR	Potyvirus general RT-PCR	Tobamovirus general RT-PCR	Tospovirus general RT-PCR	CMV RT-PCR
LPV-20-256	Planta de chile	Criollo	Belén 1	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-257	Planta de chile	Criollo	Belén 2	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-258	Planta de chile	Criollo	Sto. Domingo 1	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-259	Planta de chile	Criollo	Sto. Domingo 2	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue o fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).

Patry Herrera
Supervisor

[Signature]
Director

Página 1 de 1

18 Avenida 11-95 Zona 15, Vista Hermosa II, Edificio III Oficina 205
PBX: 2507-1500/2364-0492 Ext. 2-1518, 21555
reporteslpv@gmail.com



LPV-FGE-74

INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión: 16/09/2019
Remitente: Marcos Oxom
Empresa: IICA-CRIA
Dirección: N/A

Informe No: BV-19-166
Código Muestras: LPV-19-489 a 496
Fecha ingreso de Muestras: 29/08/2019
Fecha de inicio de Análisis: 30/08/2019

A continuación, se presenta la descripción de los análisis realizados a ocho (08) muestras recibidas en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Begomovirus general PCR	Tospovirus general RT-PCR	Potyvirus general RT-PCR	Tobamovirus general RT-PCR	CMV RT-PCR	PepMV ELISA
LPV-19-489	Hojas de chile	Criollo	CB1-1	Mosaico y clorosis. Hojas muy pequeñas con mucho crecimiento de hojas. Poca necrosis en los bordes.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-490	Hojas de chile	Criollo	CB1-2	Mosaico y clorosis. Necrosis en las puntas de las hojas. Hojas muy pequeñas y con mucho crecimiento de hojas.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-491	Hojas de chile	Criollo	CB2	Hojas con daño por insecto. Mosaico y clorosis.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-492	Hojas de chile	Criollo	CB3-1	Hojas con daño por insecto. Mosaico y clorosis. Necrosis en los bordes.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

[Signature]
Técnico Analista
[Signature]
Coordinador Técnico



[Signature]
Supervisor

[Signature]
Divisor





CRIA



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.



LPV-FGE-74

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Begomovirus general PCR	Tospovirus general RT-PCR	Potyvirus general RT-PCR	Tobamovirus general RT-PCR	CMV RT-PCR	PepMV ELISA
LPV-19-493	Hojas de Chile	Criollo	CB3-2	Hojas con daño por insecto. Manchas cloróticas. Algunas hojas con mosaico. Necrosis en los bordes y puntas.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-494	Hojas de Chile	Criollo	PB1	Hojas cloróticas. Algunas hojas con mosaico. Fruto necrótico en la punta opuesta al pedúnculo. Necrosis en la punta y manchas necróticas.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-495	Hojas de Chile	Criollo	PB2	Mosaico. Necrosis en la punta de la hoja. Hojas pequeñas y con mucho crecimiento de nuevas hojas. Necrosis en la parte baja de los frutos.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-19-496	Hojas de Chile	Criollo	PB3	Hojas con daño por insecto. Manchas necróticas. Mosaico. Necrosis en los bordes.	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue o fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).

Técnico Analista

Coordinador Técnico



Patky Herrera
Supervisor

Director

Página 1 de 2

18 Avenida 11-95 Zona 15, Vista Hermosa III, Edificio III Oficina 205
PBX: 2507-1500/2364-0492, Ext. 21518, 21555
reporteslpv@gmail.com



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



LPV-FGE-74

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.



INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión: 29/07/2020 Informe No: BV-20-36
Remiteinte: Marcos Oxom Código Muestras: LPV-20-256 a 259
Empresa: IICA-CRIA Fecha ingreso de Muestras: 13/03/2020
Dirección: N/A Fecha de inicio de Análisis: 16/03/2020

A continuación, se presenta la descripción del análisis realizado a cuatro (04) muestras recibidas en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	PepMV ELISA	Begomovirus general PCR	Potyvirus general RT-PCR	Tobamovirus general RT-PCR	Tospovirus general RT-PCR	CMV RT-PCR
LPV-20-256	Planta de chile	Criollo	Belén 1	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-257	Planta de chile	Criollo	Belén 2	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-258	Planta de chile	Criollo	Sto. Domingo 1	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
LPV-20-259	Planta de chile	Criollo	Sto. Domingo 2	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Begomovirus específicos		
					PepGMV PCR	ToMHV PCR	PHYVV PCR
LPV-20-256	Planta de chile	Criollo	Belén 1	Mosaico, abultamiento, daño por insecto, manchas necróticas. Hojas enanas y juntas.	Positivo	Positivo	Positivo

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).



Paty Herrera
Supervisor

[Signature]
Director



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMATTERI



USDA IICA
Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.



LPV-FGE-74

INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión:	24/10/2019	Informe No:	BV-19-181
Remitente:	Marcos Oxom	Código Muestras:	LPV-19-489, 491, 492, 493, 495 y 496
Empresa:	IICA-CRIA	Fecha ingreso de Muestras:	04/10/2019
Dirección:	N/A	Fecha de inicio de Análisis:	07/10/2019

A continuación, se presenta la descripción del análisis realizado a seis (06) muestras recibidas en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Resultado secuenciación <i>Begomovirus</i> general (Porcentaje de similitud)
LPV-19-489	Hojas de chile	Criollo	CB1-1	Mosaico y clorosis. Hojas muy pequeñas con mucho crecimiento de hojas. Poca necrosis en los bordes.	Pepper golden mosaic virus segment DNA-A, complete sequence, isolate DZI03W2007 (98%)
LPV-19-491	Hojas de chile	Criollo	CB2	Hojas con daño por insecto. Mosaico y clorosis.	Pepper golden mosaic virus segment DNA-A, complete sequence, isolate DZI03W2007 (98%)
LPV-19-492	Hojas de chile	Criollo	CB3-1	Hojas con daño por insecto. Mosaico y clorosis. Necrosis en los bordes.	Pepper golden mosaic virus segment DNA-A, complete sequence, isolate DZI03W2007 (98%)
LPV-19-493	Hojas de chile	Criollo	CB3-2	Hojas con daño por insecto. Manchas cloróticas. Algunas hojas con mosaico. Necrosis en los bordes y puntas.	Pepper golden mosaic virus segment DNA-A, complete sequence, isolate DZI03W2007 (99%)
LPV-19-495	Hojas de chile	Criollo	PB2	Mosaico. Necrosis en la punta de la hoja. Hojas pequeñas y con mucho crecimiento de nuevas hojas. Necrosis en la parte baja de los frutos.	Pepper golden mosaic virus partial cp gene for coat protein, isolate PGPVE105C2004 (99%)
LPV-19-496	Hojas de chile	Criollo	PB3	Hojas con daño por insecto. Manchas necróticas. Mosaico. Necrosis en los bordes.	Pepper golden mosaic virus segment DNA-A, complete sequence, isolate DZI03W2007 (99%)

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue o fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).



 Coordinador Técnico





 Director

Página 1 de 1



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTTE



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.



LPV-FGE-74

INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión:	29/10/2019	Informe No:	BV-19-186
Remitente:	Marcos Oxom	Código Muestras:	LPV-19-745 A 750
Empresa:	IICA-CRIA	Fecha ingreso de Muestras:	27/09/2019
Dirección:	N/A	Fecha de inicio de Análisis:	28/10/2019

A continuación, se presenta la descripción del análisis realizado a seis (06) muestras recibidas en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Pepper golden mosaic virus (PCR)
LPV-19-745	Hojas de chile	Criollo	TB1	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo
LPV-19-746	Hojas de chile	Criollo	TB2	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo
LPV-19-747	Hojas de chile	Criollo	TB3	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo
LPV-19-748	Hojas de chile	Criollo	SM B1	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo
LPV-19-749	Hojas de chile	Criollo	SM B2	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo
LPV-19-750	Hojas de chile	Criollo	SM B3	Mosaico amarillo. Daño por insecto. Hojas pequeñas. Mucho crecimiento de hojas nuevas.	Positivo

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue o fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).

Daisy Herrera
Supervisor



[Signature]
Director

Página 1 de 1



CRIA



GOBIERNO de GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTTE



Oficina del IICA en Guatemala



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
C.E.A.A.



LPV-FGE-74

INFORME DE RESULTADOS

Fecha de Emisión:	29/10/2019	Informe No:	BV-19-187
Remitente:	Marcos Oxom	Código Muestras:	LPV-19-761 a 763
Empresa:	IICA-CRIA	Fecha ingreso de Muestras:	04/10/2019
Dirección:	N/A	Fecha de inicio de Análisis:	28/10/2019

A continuación, se presenta la descripción del análisis realizado a tres (03) muestra recibida en el Laboratorio de Protección Vegetal.

Código LPV	Tipo de muestra	Variedad	Identificación del cliente	Síntomas	Pepper golden mosaic virus (PCR)
LPV-19-761	Planta de Chile	Criollo	SB1	Mosaico, hojas con arrugamiento, daño por insecto, puntos y manchas cloróticas.	Positivo
LPV-19-762	Planta de Chile	Criollo	SB2	Mosaico, hojas con arrugamiento, daño por insecto, puntos y manchas cloróticas.	Positivo
LPV-19-763	Planta de Chile	Criollo	SB3	Mosaico, hojas con arrugamiento, daño por insecto, puntos y manchas cloróticas.	Positivo

Nota 1: El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin autorización del LPV.

Nota 2: Los resultados emitidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue o fueron ingresada(s) al LPV y no necesariamente representa(n) al lote o población, de la cual fue o fueron tomada(s).

Patty Herrera
Supervisor



[Signature]
Director

Página 1 de 1



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMATTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

9. Referencias bibliográficas

- Ana Cecilia González Franco, Emma Monserrath Gill Langarica, Loreto Robles Hernández, Abelardo Núñez Barrios, Ramona Pérez Leal, Ofelia Adriana Hernández Rodríguez, Luis Pérez Moren. Artículo científico: Detección de Virus que Afectan al Cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) en Chihuahua, México
- Abdalla, A.O. and Ali, A. 2012. First report of *Alfalfa mosaic virus* associated with severe mosaic and mottling of pepper (*Capsicum annuum*) and white clover (*Trifolium repens*) in Oklahoma. Plant Disease 96:1705.
- CATIE. 2016. Informe Análisis de la Cadena de Chile Cahabonero Región Norte de Guatemala
- Cervantes, M.J.F. 1999. Plagas: diagnóstico, biología e importancia económica. Pp. 111 – 132. In: Hortalizas. Plagas y enfermedades. Editorial Trillas Primera Edición. México, D.F. 528 p.
- Cortez Mondaca, Edgardo. 2015. Clasificación y forma de la transmisión de los virus. México, D.F. 58 p.
- Gómez J., R.; Osuna G., J. A.; Hernández F., L. M. y Urias L., M. A. 2013. Virus fitopatógenos que afectan al cultivo de chile en el estado de Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 24, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.
- González, G.R. 2017. Evolución de Técnicas de Diagnóstico de Virus Fitopatógenos. Serie Fitosanidad Núm. 98. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 12 p.
- Jorge Armando Mauricio Castillo. Caracterización de nuevas especies y cepas de geminivirus por un método molecular que optimiza la redirección de infecciones mixtas. Instituto de investigación científica y tecnológica, A.C. Posgrado en ciencias de biología molecular. Marzo 2011.
- Juan Carlos Vaca-Vaca (MSc-PhD), Jhon Fredy Betancur-Pérez, Karina López-López (Ph.D). Distribución y diversidad genética de Begomovirus que infectan tomate (*Solanum lycopersicum* L) en Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología. Rev. colomb. biotecnol., Volumen 14, Número 1, p. 60-76, 2012. ISSN electrónico 1909-8758. ISSN impreso 0123-3475.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/31764/38349>
- Luis Roberto Reveles Torres, Rodolfo Velásquez Valle, Jorge Armando Mauricio Castillo y Silvia Salas Muñoz. Detección de Infecciones Mixtas Causadas por Begomovirus y Curtovirus en Plantas de chile para Secado en San Luis Potosí, México. Septiembre 2012.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092012000200007
- Mena Adriano Jorge Daniel. Virus fitopatógenos, Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuente; Departamento de protección vegetal, rama de fitopatología. Juan José Ríos, Sinaloa; agosto de 2010.
<https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/191>



CRIA



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GILMARTI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Robles-Hernández, L., A.C. González-Franco, E. Gill-Langarica, L. Pérez Moreno y J. C. López-Díaz. 2010. Virus fitopatógenos que afectan al cultivo de chile en México y análisis de las técnicas de detección. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(2): 72-86.

Rodolfo Velásquez-Valle, Luis Roberto Reveles-Torres, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia y Jorge Armando Mauricio-Castillo. VIRUS Y FITOPLASMAS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO.

SAGARPA, México 2012. Mejoramiento integral de la productividad en el cultivo de chile en México para aumentar la competitividad, mediante el incremento del rendimiento y calidad. 12 páginas.

USDA INTAGRI. Scott, Bauer, et al. El Virus Huasteco del Chile (PHV) 20S.C.htm - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C.

Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L.R., Mauricio-Castillo, J.A., Mena-Covarrubias, J., Amador-Ramírez, M.D., Salas-Muñoz, S., Reveles-Hernández, M., Creamer, R., Chew-Madinaveitia, Y.I., Chapa-Oliver, A.M., Mejía-Teniente, L., González-Chavira, M.M. y Cid-Ríos, J.A. 2014. Virus y fitoplasmas de chile: una perspectiva regional. Libro técnico No. 10. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 279 p.

<https://www.apsnet.org/Pages/default.aspx>

<https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/PlantVirusesEspanol.aspx>