

00345
12
Tej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**DETECCION DE RESERVORIOS DE
VIRUS DE LA PAPA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

(Biología Vegetal)
P R E S E N T A

DONATO RAMON ROSAS VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: Ph DR. MANUEL ROSAS ROMERO

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

260000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Nacional de Referencia de Diagnostico Fitosanitario de la Dirección General de Sanidad Vegetal, donde se me brindaron todas las facilidades para realizar todo el trabajo de laboratorio.

Al Dr. Manuel Rosas Romero, por su apoyo desinteresado y decidido sin el cual no hubiese sido posible emprender este proyecto.

Al Dr. Carlos Sosa Moss, M. C. Martín Valencia y M. C. Telesforo Zavala, porque cada uno en su tiempo compartieron conmigo sus conocimientos, y me brindaron el apoyo necesario en el momento que lo requerí para salir adelante en la encomienda. Sin ellos no hubiera sido posible la culminación de la obra.

Al Ing. Manuel Villarreal, por ese apoyo desinteresado y desprendido que siempre me brindo en el trabajo de campo, por compartir un poco conmigo su valioso tiempo sin esperar nada a cambio. Gracias por ser tan gentil.

A la Bióloga Lucrecia Arrellano Gámez, por su entusiasta apoyo y colaboración en la parte estadística.

Y por su puesto, a Dios, quien sin duda me hecho la mano en algo que estaba a punto de darme por vencido. Gracias Dios, por no abandonarme.

DEDICATORIA

A mi madre, Ricarda Velázquez Torrez, quien ya no esta entre nosotros pero dondequiera que se encuentre seguramente estará orgullosa de mi, gracias por apoyarme y dejarme tomar decisiones.

A mi papa Ramón Rosas Nieto, porque me dio las bases necesarias para iniciar esta meta que me fije.

A mi esposa Lucila Rosas. A mis hijos Edgar Ramón y Oscar Alejandro, quienes ahora son una fuente de motivación para emprender nuevas metas.

A mis hermanos Armando, Joaquin, Jorge, Juan, Justino , Miguel y Simona.

A Martín Valencia y Olga Gómez, quienes estuvieron conmigo en uno de los momento más difíciles de mi vida y por apoyarme desde el principio hasta el final en este proyecto de mi vida que tanto me significa. Gracias por estar conmigo.

A todos mis amigos, por compartir de vez en cuando una sonrisa y una palabra de aliento, las cuales impulsan a continuar luchando día a día; en especial a mi amigo José Alonso Barragan, por nuestra ya casi madura amistad de 20 años.

CONTENIDO

	Page
RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCIÓN	2
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Importancia del cultivo de la papa	6
2.2 Importancia de los virus que atacan al cultivo de la papa ...	7
2.3 Reservorios de virus de la papa	9
2.4 Transmisión	13
2.5 Ecología de los áfidos	14
2.6 Selección de hospedante y adaptación	16
2.7 Tipos de transmisión de virus por insectos	16
2.7.1 Transmisión no persistente	16
2.7.2 Transmisión semipersistente	17
2.7.3 Transmisión persistente	18
2.8 Ecología de los virus	18
2.9 Especificidad del vector	19
2.10 Influencia del clima y el ambiente	20
2.11 Mosaico rugoso o Virus Y de la a Papa (PVY).....	20
2.12 Virus A de la papa (PVA)	24
2.13 Mosaico latente o Virus X de la papa (PVX).....	27
2.14 Virus S de la papa (PVS)	29

3.0	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1	Trabajo de campo	33
3.1.1	Localización geográfica de las zonas de muestreo	34
3.1.2	Recolección de muestras	35
3.1.3	Etiquetado de plantas	38
3.1.4	Transporte de muestras colectadas	38
3.2	Trabajo de laboratorio	39
3.2.1	Diagnóstico.....	39
3.2.2	Procedimiento.....	41
4.0	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Senecio salignus</i> ...	46
4.2	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Cynoglossum amabile</i>	48
4.3	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Rumex acetocella</i>	50
4.4	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Solanum spp.</i>	51
4.5	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Vervena carolina</i> ...	53
4.6	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Chenopodium glaucum</i>	55
4.7	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Brassica campestris</i>	57
4.8	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Gnaphalium sp.</i>	60
4.9	Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en <i>Argemone platiceras.</i>	61

4.10	Incidencia promedio de PVA, PVS, PVY y PVX en tres localidades del Estado de México	63
4.11	Concentración relativa de PVA, PVS, PVY y PVX en nueve especies de plantas no cultivadas	65
5.0	CONCLUSIONES	73
7.0	LITERATURA CITADA.	75

RESUMEN

ABSTRACT

The objective of the present study was to detect plant reservoirs to the PVA, PVX, PVY and PVS potato virus. Five systematic samplings were done between March and September, in three potatoes growing localities in the State of Mexico (Xalatlaco, Jajalpa and Tlacotepec). Dicotyledoneus fund in one of the growing fields and its surrounding area in each one of the localities were sampled. More than 42 species belonging to the botanical families were registered. With the purpose of determining the presence of the studied virus, the samples were analyzed through the DAS ELISA test. Nine infected species with at least ones of the studied virus were detected. New potato virus hosts were found as follows: for the PVX *Argemone platyceras* Link., *Cynoglossum amabile* L., *Senecio salignus* DC. and *Gnaphalium* sp; for PVY *Argemone platyceras* Link., *Chenopodium glaucum* L., *Brassica campestris* L., *Senecio salignus* DC. and *Gnaphalium* sp; and for the PVA *Chenopodium glaucum* L. The plant that can function as potato virus reservoir are *Senecio salignus* DC., *Cyanoglossum amabile*, *Rumex acetocella* L. and *Solanum* spp.

El presente estudio fue con el objetivo de detectar plantas reservorios de los virus de la papa PVA, PVY, PVS y PVX. Se realizaron cinco muestreos sistemáticos entre marzo y septiembre, en, tres localidades productoras de papa del estado de México(Xalatlaco, Jajalpa y Tlacotepec). Se muestrearon dicotiledoneas que crecían en los alrededores y dentro de un campo de cultivo de cada una los localidades. Se registraron más de 42 especies pertenecientes a 24 familias botánicas. Con la finalidad de determinar la presencia de los virus estudiados, las muestras se analizaron mediante la prueba DAS ELISA. Se detectaron nueve especies infectadas con al menos uno de los virus estudiados. Se detectaron nuevos hospederos de virus de la papa los cuales son: para el PVX *Argemone platyceras* Link., *Cynoglossum amabile* L., *Senecio salignus* DC. y *Gnaphalium* sp; para PVY *Argemone platyceras* Link., *Chenopodium glaucum* L., *Brassica campestris* L., *Senecio salignus* DC. y *Gnaphalium* sp; y para el PVA *Chenopodium glaucum* L. Las especies que pueden funcionar como reservorios de virus de la papa son *Senecio salignus* DC., *Cyanoglossum amabile*, *Rumex acetocella* L. y *Solanum* spp.

1.0 INTRODUCCIÓN

En relación a la superficie utilizada para su cultivo, la papa ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, solo superada por los cereales trigo, arroz y maíz.

Entre las cualidades de este cultivo se puede contar el valor nutrimental de los tubérculos los que son ricos en carbohidratos y vitaminas; asimismo, el contenido de proteínas es mayor que el del trigo integral. Ante esto, no es de extrañarse que sea parte importante de la dieta en la mayoría de los países desarrollados, entre los que se pueden mencionar a Estados Unidos y Alemania con un consumo percapita anual de 200 y 180 kg respectivamente

En México, los principales estados productores son: Puebla, Veracruz, México, Guanajuato y Chihuahua. con un rendimiento promedio nacional de 15 ton/ha (Dirección General de Economía Agrícola, 1993).

Entre los factores que limitan la productividad de *Solanum tuberosum*, se encuentran los virus, ya que la papa puede ser hospedera de cerca de 30 patógenos de este tipo (Salazar. 1985)

En la naturaleza los virus se transmiten de diferentes formas: por contacto directo entre plantas, por maquinaria agrícola, por el hombre y por diferentes vectores como: insectos, ácaros, hongos, nematodos y cuscuta.

De todos los medios de transmisión de virus fitopatógenos, los insectos son los vectores más importantes, entre los que se considera a los áfidos como los más eficientes, debido a que pueden transmitir más de 100 diferentes tipos de virus fitopatógenos.

Entre los virus de la papa que son transmitidos por áfidos se encuentran el PVA¹, PVY, PVM, PVS y PLRV; de estos los cuatro primeros se transmiten en forma no persistente, mientras que el PLRV se transmite de modo persistente ó circulativo (Hille Y Lambers, 1980).

Las enfermedades virales de la papa generalmente reducen el vigor y rendimiento del cultivo y la posibilidad de usar los tubérculos como semilla, ya que causan la degeneración de la papa, lo que ocasiona una disminución drástica de la producción. Asimismo, se

¹ En este trabajo se optó por utilizar el acrónimo en inglés por considerar que es el de uso más común, no obstante se escribe en español cuando se hace referencia al nombre completo

PLRV Potato Leafroll Virus
PVS Potato Virus S

PVY Potato Virus Y
PVM Potato Virus M

PVX Potato Virus X
PVA Potato Virus A

consideran de difícil control una vez que se ha producido la infección, por lo que es necesario desarrollar técnicas para prevenir el ingreso del patógeno al cultivo. Uno de los factores que es indispensable considerar para la prevención de las enfermedades causadas por virus, es el conocimiento de los reservorios de estos fitopatógenos.

En este trabajo, se plantea que los virus para sobrevivir mientras no está presente el hospedero principal, permanecen en hospederos alternantes o reservorios, de donde por medio de transmisiones se diseminan a plantas sanas.

Al respecto se conoce que las quenopodiáceas, solanáceas, amarantáceas y hasta las compuestas tienen función de reservorios de virus de la papa; no obstante, se debe considerar que existen otras familias botánicas que pueden actuar también como depósito de este tipo de virus de la papa, con lo que juegan un papel importante en la relación planta patógeno, estas plantas pueden ser las que se mantienen verdes en los sitios de mayor humedad en las cercanías a la zona de cultivo, o las que sobreviven al invierno mediante rizomas o tubérculos.

Debido a que las plantas no cultivadas pueden tener un papel importante en la epidemiología de las enfermedades causadas por

virus, y por consiguiente en la producción de semilla tubérculo libre de estos patógenos, además de que pueden existir diferencias de incidencia entre una y otra localidad, se planteó este trabajo como un estudio comparativo entre tres municipios productores de papa del estado de México con los siguientes objetivos:

1. Detectar las plantas no cultivadas que sirvan como reservorio para los virus PVX, PVY, PVS y PVA
2. Determinar el grado de incidencia de los virus PVX, PVY, PVS y PVA en las localidades objeto de estudio.

2.0 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de la papa

La papa *Solanum tuberosum* L. es la dicotiledónea más importante que se usa como fuente de alimentación humana; a nivel mundial ocupa el cuarto lugar entre los cultivos de mayor importancia alimenticia, después del trigo, arroz y maíz (Hooker, 1986).

Es la especie vegetal que ofrece la mayor producción de calorías por día por hectárea y está en segundo lugar en cuanto a la producción de proteína diaria por unidad de superficie después de la soya (Hooker, 1986; INIFAP, 1991). Dadas las características señaladas, se considera a este tubérculo como una de las mayores fuentes de alimento en la mayoría de los países de clima templado (Rich, 1983).

La variedad y las condiciones del ambiente de cultivo influyen en la calidad y cantidad de las sustancias constituyentes del tubérculo. El contenido de agua del tubérculo fresco íntegro, varía de 63 a 87 %; los hidratos de carbono de 13 a 30%; la proteína de 0.7 a 4.6%; las grasas de 0.02 a 0.96% y las cenizas de 0.44 a 1.9%. Otros constituyentes incluyen azúcares, polisacáridos no amiláceos,

enzimas, ácido ascórbico, sustancias fenólicas, ácidos nucleicos y otros componentes (Hooker, 1986).

Se sabe que la papa es nativa de la cordillera andina, donde por siglos ha servido como alimento principal. Se introdujo a España antes de 1573, de donde se distribuyó al resto de Europa. En 1719 fue llevada a América del Norte y cultivada en las colonias de Estados Unidos (Hooker, 1986).

Los rendimientos por hectárea varían de acuerdo con la zona de cultivo; en Europa y América del Norte se registran rendimientos promedio de más de 35 ton/ha; sin embargo, en los trópicos los rendimientos son inferiores a 13 ton/ ha (Hooker, 1986).

2.2 Virus de la papa

El cultivo de la papa es afectado por una diversidad de plagas y patógenos que, con pocas excepciones, son diseminados por medio de la semilla tubérculo o por tubérculos para consumo humano cuando estos últimos se utilizan como medio de propagación. Algunos de estos patógenos están ampliamente distribuidos y otros están limitados; dentro de ellos se incluyen bacterias, hongos, virus, viroides, micoplasmas y nematodos (Rich, 1983; Agrios, 1986; Hooker, 1986).

Las enfermedades virales de la papa generalmente reducen el vigor y rendimiento del cultivo y la posibilidad de usar los tubérculos como semilla, ya que causan su degeneración, lo que trae como consecuencia una disminución paulatina de la producción.

Los virus y agentes similares que infectan a la papa son numerosos y en el mundo se han reportado alrededor de 30 tipos distintos (Salazar, 1989). Algunos virus son comunes en la mayoría de las áreas donde se cultiva la papa, mientras que otros se encuentran sólo en regiones localizadas (Salazar, 1982 y 1989a).

Entre los virus que infectan al cultivo de papa destacan por su importancia: Virus Enrollamiento de la Hoja de Papa (PLRV) , Virus Y de la Papa (PVY), Virus X de la Papa (PVX), Virus S de la Papa (PVS), Virus A de la Papa (PVA) y Virus M de la Papa.(PVM), los que se encuentran en todas las regiones productoras de papa del mundo (Hooker, 1986; Salazar, 1989a).

Según Reestman (1989), el PVY y PLRV solos o en presencia del PVA, afectan seriamente el crecimiento vegetal, lo que ocasiona pérdidas hasta del 99%, incluso algunos virus considerados menos severos como PVM, PVX y PVS pueden ocasionar pérdidas superiores al 70%, lo que siempre está en función de las condiciones ambientales, variantes del virus, cultivar utilizado y estado

fenológico de la planta al ocurrir la infección.

2.3 Reservorios de virus de la papa

En las regiones donde se practica la agricultura de riego, se pueden tener problemas con plantas que sobreviven a la sequía, lo que las convierte en sitios ideales para la hibernación tanto de áfidos como de virus mientras se presentan mejores condiciones para su supervivencia. En un estudio epidemiológico de virus del tomate realizado en Pakistán, se concluyó que las plantas voluntarias y las malezas funcionan como reservorios de los virus y sus vectores (Hassan, 1993); por su parte Fox (1993) consigna que los estudios de campo han confirmado que las plantas no cultivadas pueden servir de sitios de hibernación y como fuentes de virus como es el PLRV.

En las localidades de temporal, también existen plantas silvestres no cultivadas que se mantienen verdes durante todo el año, lo que permite que sean una fuente potencial de inóculo de virus fitopatógenos.

Rocha (1985) considera que para algunos virus la fuente primaria de inóculo, la constituyen hospedantes silvestres presentes en la vegetación que circunda al cultivo, de tal modo que permiten

que el virus persista entre uno y otro ciclo de cultivo. Souza (1993), apunta que de ocho Solanaceas que crecen alrededor de los campos de papa de Sao Paulo y Parana, cinco se encontraron infectadas con el PLRV.

El problema para determinar cuales son los hospedantes o complejo de hospedantes naturales de un patógeno, es difícil; pero se puede deducir que se mantienen focos del inóculo en poblaciones naturales de plantas donde no se encuentran síntomas de enfermedad (Norlin, 1967). Cuando las fuentes de inóculo del virus se localizan dentro del cultivo; es decir cuando ya existen plantas enfermas en el campo, los vectores diseminan el virus de las plantas enfermas a plantas sanas (Rocha, 1985). También se pueden encontrar reservorios en plantas voluntarias, las que surgen como producto de los restos de la cosecha del ciclo anterior.

La maleza, además de competir por nutrimentos y luz con las plantas cultivadas, puede servir como refugio de plagas y enfermedades, principalmente de patógenos que requieren permanecer en tejido vivo para sobrevivir (parásitos obligados); tal es el caso de la mayoría los virus causantes de enfermedades de la papa.

Se ha señalado que los virus, para poder sobrevivir y multiplicarse, requieren de una sucesión de hospedantes; así como, de mecanismos efectivos de transmisión que les permita diseminarse de una planta a otra (Rocha, 1985).

Al respecto las plantas de papa o malezas infectadas que crecen dentro o fuera del campo de cultivo, pueden constituir reservorios de virus, de donde pueden ser diseminados mecánicamente o por medio de vectores a plantas sanas (Salazar, 1982; Jayasinge, 1988; Souza, 1993). La forma de diseminación dependerá de las características particulares de cada virus. Los que poseen formas eficientes de sobrevivencia, usualmente persisten en reservorios perennes y se diseminan de estos a plantas anuales cuando las condiciones son favorables, tanto para el vector como para el virus (Salazar, 1982).

En un muestreo de maleza y plantas nativas realizado en Polonia entre 1972 y 1978, los nuevos hospedantes encontrados fueron: para el Virus S de la Papa, *Solanum dulcamara* L.; para el Virus M de la Papa *Solanum dulcamara* L. y *Gallium aparine* Kunt.; para el Virus X de la Papa *Urtica cannabina* L., *Rumex acetocella* L., *Chelinodium majus* Kunt., *C. arvense* Kunt., *Fumaria officinalis* Dunal., *Papavere rhoeas* L., *Descurainia sophia* Helms., *Impaties balsamina* Ait., *I. nolitangere* L., *Descurainia tricolor* L., *Anchusa officinalis*

Peyr., *Linaria repens* Kunt., *Verbascum thapsiphorme* L., *M. officinalis* L., *Gallium aparine* Kunt. y *G. cruciata* L; y para el Virus A de la Papa *Solanum dulcamara* L. (Kaczmarek, 1985).

Butzonich et al (1984) reportó que *Solanum sisymbriifolium* Lamb, una maleza que crece cerca de los cultivos de papa en el Sudeste de Argentina es un reservorio natural del PVY.

Cordero (1983) identificó al PVX y PVY de la papa en plantas indicadoras que fueron previamente inoculadas con virus procedente de *Parthenium hysterophorus* Bitter, una planta silvestre que crece cerca de la estación de investigación "El Tomequin", Argentina.

Por su parte Sangar (1985) reportó en la India por primera vez, la presencia del PVS en *Solanum chacoense* Bitt. una planta que crece en los alrededores de los campos sembrados con papa. El mismo autor, recomienda que se debe destruir esta maleza para evitar posibles reservorios.

En Brasil se realizaron inoculaciones a Solanáceas silvestres y se encontró que *Solanum grandiflorum* Dual. y *S. sisymbriifolium* Lamb. reaccionaron positivamente a PVX, TVM, TRV y TSWV. Estas plantas son consideradas malezas comunes en muchas regiones, por lo que pueden ser importantes como reservorios de virus (Barradas, .

Alexandre y Vicente, 1982). En pruebas de inoculación realizadas en Argentina con PVY^o y PVYⁿ, se determinó que *Solanum gracilius* Bent. es un hospedante de las dos variantes del Virus Y de la Papa. Por su parte Fox (1993) logró transmitir y aislar de manera exitosa al PLRV de las crucíferas *Sisymbrium altissimum* (Jim Hill) y *Capsella bursa-pastoris* (shepherd's purse).

2.4 Transmisión

En la naturaleza, la forma más común en que los virus son transmitidos ocurre por medio de organismos vectores, lo que permite que este tipo de patógenos se diseminen a grandes distancias. Estos agentes incluyen diferentes organismos, principalmente insectos y en menor proporción ácaros, hongos y nematodos (Rocha, 1985). De entre los insectos, los áfidos constituyen el grupo más numeroso de vectores de virus de plantas, pues se ha encontrado que más de 100 virus son transmitidos por ellos.(Watson, 1972). Aphydidae es la familia que reúne a la mayoría de las 228 especies de áfidos que se tienen registrados como vectores de virus (Eastop, 1985).

La diseminación de los virus, de los reservorios hacia los cultivos, depende evidentemente de su forma de transmisión. Los que

son transmitidos por organismos vectores (PLRV), no necesitan producir alta concentración de partículas para asegurar su supervivencia, mientras que los que son transmitidos por contacto (PVX) requieren producir grandes cantidades de partículas para incrementar las probabilidades de transmitirse (Salazar, 1982).

2.5 Ecología de los áfidos

Los áfidos tienen un ciclo de vida bastante complejo en el que alternan generaciones sexuales y asexuales. El lugar donde depositan sus huevecillos son los hospedantes primarios, los que usualmente son plantas perennes, arbustos o árboles. Los huevecillos permanecen latentes en el hospedante primario y cuando las nuevas hojas comienzan a desarrollarse, eclosionan y producen hembras ápteras conocidas como fundatrices. Después de unas cuantas generaciones, las hembras ápteras producen hembras aladas, que emigran a hospedantes secundarios. Durante la migración del hospedante primario al secundario, se alimentan de malezas o plantas remanentes de cultivos anteriores. Las hembras aladas colonizan los hospedantes secundarios y son fundadoras de generaciones vivíparas: a partir de éstas, los áfidos se dispersan

dentro y entre los cultivos (Watson, 1972; Salazar, 1982; Eastop, 1985; y Raman, 1985).

En regiones cálidas los áfidos se pueden reproducir permanentemente en forma partenogenética sin necesidad de un hospedante primario, produciendo progenies tanto aladas como ápteras, las primeras son las que se dispersan fácilmente entre los campos, diseminando de esta forma a los virus a grandes distancias; las formas ápteras se mueven entre planta y planta (Raman, 1980; Eastop, 1985). La diseminación, tanto a corta como a grandes distancias, depende de diversos factores, tales como: comportamiento natural e intrínseco de la especie de áfido, preferencias alimenticias, hábito de alimentación; disponibilidad y condición del hospedante, etc., los cuales interactúan con factores físicos como: temperatura, luminosidad, humedad, precipitación dirección del viento, etc

Según Watson (1972), los hospedantes primarios rara vez sirven como reservorios de virus que puedan infectar hospedantes secundarios; no obstante, estos últimos sí pueden tener ese papel.

2.6 Selección de hospedante y adaptación

Después de la migración, durante el proceso de búsqueda de un hospedante adecuado, los áfidos insertan su estilete continuamente en las plantas disponibles. Las especies monófagas seleccionan especies relacionadas, mientras que especies polífagas se alimentan de una amplia gamma de hospedantes (Watson, 1972). Los cultivos de papa son particularmente vulnerables al ataque de los áfidos, debido a que todas las plantas son de la misma especie. En la búsqueda del hospedante ideal pueden ocurrir tres formas de comportamiento del insecto: a) la planta puede desagradarles y por ello la abandonan inmediatamente; b) la planta puede gustarles y se quedan quizás, por el resto de su vida; c) pueden alimentarse de la planta por un tiempo y luego abandonarla, debido a factores extrínsecos al hospedante (Watson 1972; Salazar, 1982).

2.7 Tipos de transmisión de virus por insectos

2.7.1 Transmisión no persistente

Este tipo de transmisión ocurre cuando el insecto vector adquiere e inocular la partícula viral por medio de su aparato bucal,

durante breves períodos de prueba. La transmisión puede tomar sólo unos pocos segundos o minutos; de hecho, si el período de alimentación se excede de un minuto, se reduce el porcentaje de transmisión (Acosta, 1989). En este tipo de transmisión no es necesario un período de incubación y los áfidos permanecen infectivos por un máximo de dos horas. Los virus de la papa que se transmiten de esta forma son PVY, PVA, PVM y algunas variantes del PVS (Watson 1972; Raman, 1980; Salazar, 1982; Acosta, 1989).

2.7.2 Transmisión semipersistente

Este tipo de transmisión requiere de un período corto de alimentación constante en el hospedante, para que se pueda adquirir el virus; un ejemplo de esta situación es el caso de *Myzus persicae* que se mueve constantemente mientras coloniza un cultivo, por lo que puede adquirir diferentes virus en 15 minutos de alimentación y transmitirlos hasta por dos días (Salazar, 1982; Watson, 1972).

2.7.3 Transmisión persistente

Los virus que se transmiten de esta forma se localizan en el floema; el áfido para adquirirlos tiene que alimentarse de ese tejido y no basta la exploración en las células superficiales de la hoja que hace en las picaduras de prueba, ya que requiere introducir su estilete hasta las células del floema y esto le puede tomar un período de 20 a 30 minutos (Raman, 1985); no obstante, Acosta (1985) ha señalado que la partícula viral se puede adquirir en sólo cinco minutos de alimentación. De cualquier forma, este tipo de transmisión requiere de un período de latencia o incubación entre el momento de adquisición y el momento en que el áfido puede ser infectivo, estado que mantiene por el resto de su vida; en esta forma, los virus pueden ser transportados a grandes distancias. Dentro de este grupo de transmisión se encuentra el PLRV (Watson, 1972; Raman, 1980; Salazar, 1982; Raman, 1985).

2.8 Ecología de los virus

Los virus existen en forma natural en una comunidad establecida de plantas, a las que en condiciones normales no les causan daños importantes; sin embargo, los cultivos son

comunidades dominadas por plantas de una misma especie, lo que forma un ambiente adecuado para que se diseminen los virus y sus vectores (Salazar, 1982).

Los virus que se diseminan de forma más rápida en la naturaleza, son los transmitidos por vectores aéreos (Rocha, 1985).

2.9 Especificidad del vector

La transmisión por vectores es muy específica y a menudo un virus en particular es transmitido solamente por un solo grupo, taxón o especie de vector. Se considera que la cubierta proteica del virus es la responsable de la especificidad y que cualquier variación en ella dará lugar a pérdida de la capacidad de ser transmitido, lo que hace que bajo condiciones naturales haya una fuerte presión de selección (Salazar, 1982).

2.10 Influencia del clima y el ambiente

Pocas lluvias y altas temperaturas son condiciones ideales para la multiplicación de los áfidos. El desarrollo de éstos y la transmisión de virus, son mayores a temperaturas por encima de 25°C; vientos menores a un km/h favorecen la alimentación y el desarrollo de los áfidos y vientos de mayor velocidad los trasladan a grandes distancias (Raman, 1980).

2.11 Mosaico Rugoso o Virus Y de la Papa (PVY)

Este virus es el agente causal del mosaico rugoso de la papa, actualmente se conocen tres variantes, PVY⁰, PVY^c y PVYⁿ, de las cuales la variante PVY⁰ se encuentra ampliamente distribuida en todas las localidades productoras de papa del mundo. En contraste, el PVYⁿ se ha detectado solamente en Europa, Canadá y algunas partes de África y Sudamérica; a la fecha no ha sido reportado en México. La variante PVY^c solo se ha señalado en Australia y en algunas partes de Europa (INIFAP, 1992).

El PVY es considerado como uno de los virus más perjudiciales en términos del rendimiento, dado que las pérdidas pueden ser hasta

del 80%; las variantes PVY⁰ y PVY^c pueden ser la causa de un completo fracaso en el cultivo de papa y cuando están en combinación con PVX, se produce un efecto sinérgico, ya que juntos son más destructivos (Bokx , 1980; INIFAP, 1991).

En 1992 la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), al hacer el estudio de análisis de riesgo para el PVY, determinó considerarlo como un patógeno de alto riesgo, debido a que las variantes PVY^c y PVYⁿ no existen en México; y que son la causa de pérdidas considerables del rendimiento de papa en las áreas donde está presente.

Síntomas

La severidad de los síntomas en el follaje, difiere ampliamente en relación con la variante del virus y la variedad del cultivo; pueden ser desde muy leves hasta una necrosis severa y muerte de la planta. En general, tanto el PVY^c como el PVY⁰ inducen síntomas más severos que el PVYⁿ, el que produce un moteado indefinido en las plantas, tanto en infección primaria como en secundaria (Hooker, 1986).

Los síntomas primarios del PVY⁰ se manifiestan en forma de necrosis, moteado o amarillamiento de los folíolos, decaimiento de

las hojas y a veces muerte prematura. La necrosis suele iniciar como manchas o anillos en los folíolos, y puede ser la causa del colapso de las hojas, las que pueden llegar a desprenderse o permanecer colgantes del tallo; estos síntomas pueden presentarse sólo en un tallo de la planta (Hooker, 1986).

Las plantas con síntomas secundarios del PVY^o son enanas, con hojas encarrujadas y moteadas; a veces se presenta necrosis en el follaje y tallos. El síntoma en el follaje es un mosaico caracterizado por áreas decoloradas pequeñas y numerosas. El moteado puede enmascarse a temperaturas muy bajas (10°C) o muy altas (25°C), pero a alta temperatura la enfermedad es identificable por el arrugamiento del follaje. En algunas variedades el PVY^c provoca rayado fino, las plantas infectadas se quedan enanas y mueren prematuramente (Hooker 1986).

Epidemiología

El PVY puede transmitirse en forma mecánica con relativa facilidad, se puede mantener entre un ciclo y otro en los tubérculos y no se trasmite por semilla botánica (Rich, 1983). El mecanismo de dispersión de este virus depende esencialmente de los áfidos alados, se menciona que al menos 25 especies son capaces de transmitirlo en forma no persistente (Bokx, 1980; INIFAP, 1992). En

pruebas de campo en Túnez (CIP, 1991), se encontraron siete especies de áfidos con 10% más de eficiencia que *M. persicae* en la transmisión del PVY. Entre ellos, el que mayor eficiencia tiene es *Haloptereus pruni*. No obstante, *Myzus persicae* es la especie más eficiente en muchas áreas, en las diferentes épocas del año (Bokx, 1980). El virus es portado en el estilete y transmitido en pocos segundos, ya que no se requiere de un período de incubación (Rich, 1983; Bokx, 1980).

Otros hospedantes del PVY

El PVY infecta muchas especies botánicas comprendidas especialmente entre las Solanáceas como *Nicotiana tabacum* L., *Physalis floridiana* L.; el clon *Solanum demissum* "Y" de Cockerman, *Solanum demissum* X *Solanum tuberosum* cv. Aquila o "A6" y *Datura stramonium* L. (Bokx, 1980). Cordero (1983), apunta que *Parthenium hysterophorus* Bitter. y *Solanum gracilius* son hospederas del PVY. Butzonich (1984) señala a *Solanum sisymbriifolium* Lamb. Anandam (1990) cita que *Solanum nigrum* y *Datura metel* reaccionan con síntomas al PVY. *Solanum viarum* (McGovern et al, 1994), *Capsicum annum*, y *Lycopersicon sculentum* (McGovern et al, 1995) también son reportadas como hospederas del PVY. Se ha indicado que también son susceptibles ciertas especies de quenopodiáceas y leguminosas (Bokx, 1980).

2. 12 Virus A de la papa (PVA).

Al PVA también se le conoce como Virus Mosaico Común de la Papa, se encuentra ampliamente distribuido en Europa y Norte América donde se considera responsable de la degeneración del tubérculo (Rich, 1983). El PVA puede ser el causante de una disminución en el rendimiento del cultivo, de hasta 40% (Bokx, 1980). En ciertas variedades y en combinación con el PVX, provoca el encrespamiento foliar; en combinación con el PVY también ocasiona una pérdida importante de la cosecha (Beemster, 1980).

Síntomas

En muchos cultivares de papa el PVA induce un moteado clorótico, que en ocasiones puede ser severo en las hojas y tallos. Los amarillamientos abarcan áreas irregulares alternadas con áreas similares de color verde más oscuro que el normal, el moteado se puede encontrar entre o sobre las nervaduras.

En contraste con el mosaico intervenal causado por PVX, el PVA provoca un mosaico característico de las nervaduras. Cuando la infección es severa las hojas presentan un aspecto brillante, las

nervaduras se profundizan y los bordes de las hojas se encrespan. Se puede observar una ligera rugosidad en la superficie de las hojas, y los márgenes de los folíolos pueden llegar a ondularse; las plantas infectadas presentan crecimiento abierto, debido a que sus ramas se doblan hacia afuera. La severidad de los síntomas depende mucho del cultivar y del clima, los que son difíciles de observar a altas temperaturas y con sol brillante; en cambio, cuando el ambiente está nublado y la temperatura es fría, la sintomatología es mucho más evidente. Los tubérculos no presentan Síntomas (Beemster, 1980; Bokx, 1980; Rich, 1986).

Epidemiología

El Virus A de la Papa permanece en los tubérculos y es transmitido en forma no persistente por lo menos por siete especies de áfidos entre los que figuran: *Aphis frangule*, *Macrosiphun euphorbiae* y *Myzus persicae*. El PVA también se trasmite por injerto y por inoculación mecánica (Bokx 1980 y 1986, Rich 1983).

Otros hospedantes

De acuerdo con Bokx (1980) y Rich (1986), el PVA se encuentra limitado a las Solanáceas, entre las que mencionan a *Nicotiana tabacum* cv. Samsun que reacciona a las diferentes variantes del virus con clorosis de nervaduras y moteado difuso; en cambio, en el cv. White Burley induce clorosis y bandeado de las nervaduras.

El híbrido *Solanum demissum* X *Solanum tuberosum* cv. Aquila o A6, reacciona con lesiones locales cuando se inoculan hojas separadas de la misma planta, lesiones que bajo condiciones de ambiente controlado pueden distinguirse de las producidas por PVY.

El clon *Solanum demissum* "A" de Cockerham reacciona a la infección produciendo solamente síntomas locales.

Kaczmarek (1985), cita que *Solanum dulcamara* L. es un hospedante silvestre en Polonia.

2.13 Mosaico latente o Virus X de la Papa (PVX)

Munro (1986) señala que el PVX es el virus de mayor distribución en el mundo y puede infectar completamente ciertos cultivos, llegando a causar pérdidas del 10%. Rich (1983) consigna que la disminución del rendimiento puede ser de 25% dependiendo del cultivar y de la variante del virus. Por su parte, Beemster (1980) afirma que la disminución en el rendimiento puede llegar hasta el 50%.

Síntomas

Los síntomas pueden ser de tipo latente, con excepción de una ligera reducción del vigor de la planta, puede inducir moteado desde ligero a severo, o mosaico rugoso con enanismo de la planta y reducción del tamaño de los folíolos. Munro reportó en 1986 que PVX, en combinación con PVA y PVY, puede provocar encarrujamiento, rugosidad o necrosis. Rich (1983) considera que en condiciones húmedas y nubladas, las hojas desarrollan moteado suave y mosaico intervenal, pero que los síntomas desaparecen con días soleados.

Epidemiología

El Virus X de la Papa se transmite a través del tubérculo. La transmisión por contacto se realiza con facilidad cuando por efecto del viento, maquinaria o animales las plantas rozan entre sí. El contacto entre raíces, daños de insectos, contacto entre brotes o los cuchillos que se utilizan para cortar al tubérculo semilla son otras formas de transmisión. No se tiene información de que sea transmitido por áfidos o por semilla botánica (Salazar, 1982; Munro, 1986; Rich, 1983).

Otros hospedantes

De acuerdo a Rich (1983), la gamma natural de hospedantes de PVX parece ser que está limitada a *Solanum spp.* y *Licopersicum sculentum* L. sin embargo, en forma experimental se ha logrado producir síntomas sistémicos en otras Solanáceas y síntomas locales en algunas Quenopodiáceas, Compuestas y Amarantáceas. Bagnall, (1986) informa que también infecta ciertas leguminosas.

Kaczmarek (1985), reporta como hospederas del PVX a: *Urtica cannabina* L., *Rumex acetocella* L., *Chelinodium majus* Kunt., C.

arvense Kunt., *Fumaria officinalis* Dunal., *Papavere rhoeas* L., *Descurainia sophia* Helms., *Impaties balsamina* Ait., *I. nolitangere* L., *Descurainia tricolor* L., *Anchusa officinalis* Peyr., *Linaria repens* Kunt., *Verbascum thapsiphorme* L., *M. officinalis* L., *Gallium aparine* Kunt. y *G. cruciata* L. *Solanum viarum* L. es señalada por Mc Govern et all (1993).

Los cultivares White Burley y Samsun de *Nicotiana tabacum* L se consideran hospedante apropiados para la propagación del virus; ambos reaccionan con infección sistémica, moteado o manchas anulares. *Datura stramonium* L. reacciona con infección sistémica, moteado de latente a severo y necrosis foliar leve. *Gomphrena globosa* L. es un hospedante que reacciona con lesiones locales y es apropiada para ensayos cuantitativos. Entre otros hospedantes conocidos se encuentran *Nicotiana glutinosa* L. y *Chenopodium amaranticolor* Kunt. (Beemster y Rozendal, 1980).

2.14 Virus S de la Papa (PVS)

El Virus S de la Papa, se encuentra presente en todas la áreas productoras de papa del mundo; no obstante, existe controversia de si el PVS por sí solo reduce el rendimiento en forma consistente.

Aunque Bagnall (1986) señala que hay información sobre pérdidas entre 10 y 20%.

Síntomas

El PVS es virtualmente asintomático en la mayoría de los cultivares comunes de papa cuando se hacen evidentes se manifiestan como una ligera profundización de las nervaduras, rugosidad de las hojas, posible enanismo y hábito de crecimiento abierto; algunas variantes pueden causar moteado o bronceado y, en casos severos manchas necróticas en el haz. Las hojas viejas que están bajo condiciones de sombra, desarrollan manchas verdosas en lugar de ponerse uniformemente amarillas. (Bagnall, 1986).

Epidemiología

El PVS se mantiene de una estación a otra en los tubérculos. Asimismo, se transmite fácilmente a partir de plantas infectadas, por lo que se estima que su diseminación en campo puede ser por contacto entre plantas, por animales, por maquinaria e incluso por el

hombre (Bagnall, 1986; Rich, 1983). Ciertas variantes se transmiten por áfidos en forma no persistente (Salazar, 1982; Bagnall, 1986).

Otros hospedantes

En la mayoría de las Solanaceas hospedantes el PVS es sistémico (Bagnall, 1983); no obstante, algunas muestran síntomas, como *Nicotiana debneyi* L. que reacciona con aclareo sistémico de las nervaduras, después de 20 días de inoculada. El virus avanza del ápice a la base de las hojas, que posteriormente desarrollan un moteado intervenal o bandeado en las nervaduras, cuando son sometidas a 20°C y 16 hr de luz de 100 bujías pie (Bagnall, 1986). Las especies *Solanum rostratum* L. y *Saracha umbellata* Dun. reaccionan con manchas necróticas locales después de 20 días de inoculadas; *Chenopodium album* L., *C. amaranticolor* Bent. a los 40; *C. quinoa* L. de 16 a 20 días; y *Cyamopsis tetragonoloba* Kunt. de 6 a 10 días. Otros hospedantes son: *Gomphrena globosa* L., *Solanum rostratum* L., *Datura metel* Bent.. Zavala (1995) señala que en Sudamérica existe una variante de este virus que es sistémica en *C. quinoa* L. Kaczmarek (1985) cita a *Solanum dulcamara* L. como hospedera del PVS y Sangar (1985) a *Solanum chacoense* Bit

3.0 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo es un estudio comparativo de la incidencia de plantas como reservorios de virus de la papa entre tres localidades productoras de papa del estado de México.

Con la finalidad de asegurar que las condiciones de muestreo fueran las mismas, se siguió el mismo método de muestreo en cada una de las localidades de estudio.

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó el algoritmo de selección de modelos para datos discretos propuesto por Edwards (1995), mediante el cual se puede determinar la dependencia de cada una de las variables estudiadas (especie, localidad y porcentaje de infección). Con lo cual se obtuvieron las bases estadísticas necesarias para seleccionar de las localidades estudiadas la mejor para la producción de semilla tubérculo.

El método selecciona un modelo jerárquico basado en pruebas sucesivas de independencia condicional que sea consistente con los datos. Mediante el programa MIM para análisis de datos, el algoritmo de selección de modelos proporcionado permite utilizar diversos procedimientos de selección. Se decidió emplear el método de selección hacia adelante por su valor heurístico; es decir, que a cada

paso va agregando términos al modelo, de tal manera que va seleccionando siempre el par de variable más altamente asociadas. Edward (1995) lo recomienda cuando los datos son dispersos. Con la finalidad de corroborar los resultados, se empleó también el procedimiento de selección hacia atrás partiendo del modelo saturado.

El trabajo se realizó en dos etapas:

- a). Trabajo de campo
- b). Trabajo de laboratorio e invernadero

3.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en la zona productora de papa del estado de México, en las localidades de Xalatlaco, Jajalpa y Tlacotepec. La elección de las localidades estuvo en función de la altitud, lo cual permitiría determinar si existen diferencias determinadas por el factor altitud, ya que también puede haber variaciones en la flora.

En cada una de las localidades se eligió una parcela productora de tubérculos semilla papa lo cual se determinó en base a los

antecedentes de producción, proporcionado por la Jefatura de Sanidad Vegetal en el Estado de México.

3.1.1 Localización geográfica de las localidades de muestreo

Las localidades de muestreo se localizan al Sur y Sudeste de la ciudad de Toluca, donde de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1987), predomina un clima templado subhúmedo con precipitaciones en verano.

Santiago Tlacotepec se encuentra entre $19^{\circ} 10'$ y $19^{\circ} 15'$ de latitud Norte y entre $99^{\circ} 45'$ y $99^{\circ} 40'$ de longitud Este, a una altitud de 2,850 msnm.

Santa María Jajalpa se encuentra entre $19^{\circ} 05'$ y $19^{\circ} 10'$ de latitud Norte y entre $99^{\circ} 35'$ y $99^{\circ} 30'$ de longitud Este, a una altitud de 2,580 msnm.

Xalatlaco, se encuentra entre $19^{\circ} 10'$ y $19^{\circ} 15'$ de latitud Norte y entre $99^{\circ} 25'$ a $99^{\circ} 20'$ de longitud Este a una altitud de 2,770 msnm.

3.1.2 Recolección de muestras

Con el Objeto de detectar plantas no cultivadas que sirvan de reservorios de virus para los virus PVX, PVY, PVS Y PVA, se realizaron cinco recolecciones sistemáticas de marzo a septiembre, de tal manera que se cubriera desde un mes antes de la siembra hasta un mes después de la cosecha.

Las fechas de recolección fueron las siguientes: 27 de marzo, 24 de abril, 29 de mayo, 3 de julio y 20 de septiembre.

El sistema para seleccionar los sitios en donde se tomarían las plantas para conocer su relación biológica con los virus de la papa, fue el siguiente:

Una vez seleccionada la parcela en cada una de las localidades, se eligieron en ella seis sitios para tomar muestras de las plantas silvestres de hoja ancha presentes. Cinco de éstos sitios se ubicaron en el perímetro de la parcela y el sexto fue la parcela de cultivo en si. La elección de los sitios estuvo determinado por la disponibilidad de plantas, lo que coincidió con los lugares donde se conserva la humedad, procurando seleccionar aquellos en donde había el mayor número de plantas verdes en el momento de la colecta. En el sexto sitio se procuró coleccionar tanto plantas silvestres presentes como

plantas de papa "voluntarias" producto de los restos de cosecha anterior.

Como puede notarse, la selección de los sitios fue totalmente dirigida por considerar que de esta manera se aumenta la posibilidad de coleccionar el mayor número posible de especies silvestres no cultivadas, que pudieran servir como reservorios de patógenos de la papa.

Cada sitio de muestro fue un círculo de 10 m de diámetro y en cada uno se procuró tomar muestras de hojas de un ejemplar por especie. Solamente se tomaron muestras de plantas no cultivadas de hoja ancha. No se coleccionaron plantas de hoja angosta ya que en la literatura consultada no se ha reportado ninguna especie de este tipo como hospedera de virus de la papa.

La zona de colecta para este caso se define como la parcela de cultivo y fue la misma para las distintas fechas de muestreo, pero el sitio de muestreo se fue cambiando en cada una de las fechas de colecta y la elección estuvo en función de la abundancia de plantas, dado que se pretendía coleccionar el mayor número posible de especies de hoja ancha.

Solamente se tomaron muestras de un ejemplar por especie y por sitio de muestreo, por considerar que muchas de las plantas tienen crecimiento horizontal; lo que significa que lo que parecen ejemplares distintos, pueden ser parte de un mismo individuo. Asimismo, la cercanía entre los ejemplares aumenta considerablemente las posibilidades de encontrar todos sanos o todos enfermos cuando el virus se disemina por medios mecánicos.

De la planta seleccionada, se tomaron una o varias hojas, utilizando una bolsa de plástico para no tocarlas y evitar transmitir algún virus de forma mecánica.

Con la finalidad de hacer la determinación taxonómica de las plantas, se recolectó un ejemplar completo el cual se colocó en una prensa botánica para facilitar el secado y su posterior estudio en el herbario del Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Fitosanitario de la Dirección General de Sanidad Vegetal SAGAR.

Para la selección de muestras no se siguió el criterio de buscar plantas con síntomas; dado que muchas plantas silvestres son asintomáticas y el seguir este criterio limitaba las posibilidades de coleccionar nuevos hospederos.

3.1.3 Etiquetado de plantas

Para facilitar el manejo de las muestras, se les colocó una etiqueta con los siguientes datos: fecha, sitio de colecta, nombre común de la planta, zona de cultivo y nombre del colector.

Con los datos anteriores , se asignó una clave formada por una letra y tres dígitos a cada una de las muestras; la letra corresponde al número de muestreo, el primer dígito a la zona de colecta y los dos últimos al número de muestra en su correspondiente zona de muestreo.

Por ejemplo, la clave C325, corresponde a la muestra 25 de la localidad de Tlacotepec colectada en el tercer muestreo.

La zona uno correspondió a la localidad de Xalatlaco; la dos a Jajalpa y la tres a Tlacotepec. Las letras correspondieron al número de muestreo de tal modo que la "A" fue el primer muestreo y así sucesivamente.

3.1.4 Transporte de muestras recolectadas

Después de coleccionar las muestras de hojas, se colocaron en una hielera en la que se transportaron al laboratorio, donde se

mantuvieron en el refrigerador para conservarlas en buen estado hasta el momento de procesarlas.

3.2. Trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Fitosanitario de la Dirección General de Sanidad Vegetal de la SAGAR, ubicado en Coyoacán D. F.

3.2.1 Diagnóstico

Para la detección de virus fitopatógenos existen diversos métodos, entre los que se puede señalar, el uso de plantas indicadoras, microprecipitación, látex sensibilizado con anticuerpos y electroforesis. No obstante dadas las ventajas que presenta sobre éstos métodos, en este trabajo se utilizó únicamente el método de DAS ELISA.

ELISA es el acrónimo de "enzyme-linked inmunosorbent assay", El principio de DAS ELISA está basado en el uso de una enzima conjugada a moléculas de anticuerpo (gamma-globulina) para detectar las partículas de virus atrapadas por anticuerpos adheridos

a un medio sólido. Puesto que una pequeña cantidad de enzima puede hidrolizar una cantidad mayor de sustrato, la reacción se ve amplificada, lo que aumenta la sensibilidad de la técnica; la hidrólisis del sustrato da lugar al cambio de color de la solución y esto permite determinar los resultados visualmente, o cuantificarlos por medio de un colorímetro (Salazar, 1982).

El método original "directo" (Clark, M. F. y A. N. Adams, 1977) fue denominado de doble anticuerpo o "sandwich" y se le conoce como DAS-ELISA, el cual es el de mayor uso.

Para determinar la presencia de los virus: PVY, PVX, PVS y PVA en las muestras colectadas en campo, se utilizaron antisueros producidos por el laboratorio "AGDIA"; asimismo, se siguió el procedimiento señalado por el mismo laboratorio para llevar a cabo la técnica serológica ELISA. Cabe aclarar que "AGDIA" es una compañía de origen estadounidense que fabrica y distribuye reactivos y antisueros para el diagnóstico y detección de enfermedades en humanos, animales y plantas. AGDIA es el acrónimo de Agricultural Diagnostics.

Todas las muestras se procesaron antes de doce días de colectadas debido a que existen reportes que después de este período disminuye la respuesta serológica (Singh, 1985).

3.2.2 Procedimiento

1. Se diluyó la gamma - globulina (anticuerpo) en solución amortiguadora de cobertura a una relación de 1:10 microlitros/ml. Se colocaron 200 microlitros de esta solución en cada uno de los pozos de la placa de microtitulación. Las placas con el anticuerpo se incubaron durante toda la noche a 4°C. Al día siguiente, antes de agregar la muestra vegetal, las placas se lavaron con PBST. El lavado se repitió por lo menos tres veces y la placa con la solución de lavado se dejó reposar por tres minutos entre lavado y lavado.

2. Las muestras se maceraron en bolsas de plástico, con solución amortiguadora de extracción en una relación de 1:10 (peso de la muestra/solución amortiguadora). Se agregaron 190 microlitros de solución en cada pozo. Las placas con la muestra se colocaron en cámara húmeda y se incubaron durante toda la noche a 4°C. Al día siguiente, se siguió el mismo procedimiento de lavado descrito en el paso anterior.

3. Se diluyó el conjugado enzima - gammaglobulina conjugada en buffer para conjugado (el PVY se diluye 1:750 y el PVX, PVA, PVS 1:1000). A cada pozo de la placa se le agregaron 190 microlitros de

la solución. Se incubó en cámara húmeda a temperatura ambiente, durante 6 horas. La placa se lavó como en los pasos anteriores.

4. Se preparó el tampón de substrato y se agregó en una relación de 1 mg/ml de solución; posteriormente se agregaron 200 microlitros por pozo y se incubó por 60 minutos en la oscuridad para observar la reacción.

5. Para evaluar la reacción, se midió la densidad óptica a 405 nm. La evaluación se realizó en un lector de placas de la marca BIO-RAD modelo 3550. De acuerdo a Salazar (1988), las muestras que registraron un valor mayor a la media de los testigos negativos, más dos veces la desviación estándar de los mismos, se consideraron positivas.

Todas las muestras se colocaron por duplicado en la placa de microtitulación, y las que reaccionaron en forma positiva con alguno de los virus en estudio se procesaron por segunda vez para verificar el diagnóstico. Se consideraron como positivas las muestras que reaccionaron en dos repeticiones de la prueba de ELISA.

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de los muestreos de plantas no cultivadas, realizados entre marzo y septiembre de 1992, en las tres localidades del estado de México seleccionadas, se lograron identificar 44 especies distintas, pertenecientes a 20 familias botánicas.

En el Cuadro 1 se puede observar que las especies más abundantes son de las familias Asteraceae y Solanaceae. La frecuencia con que éstas se encuentran, podría ser determinante en la epidemiología de los virus de la papa, dado que aumenta la probabilidad de que actúen como reservorio de los mismos. Asimismo, se puede considerar que cualquier planta que crezca cerca de un cultivo puede tener alguna relación con la sanidad de éste, principalmente cuando se trata de enfermedades cuyo agente causal es un virus transmitido por vectores y que requieren tejido vivo para sobrevivir entre una y otra estación de crecimiento .

El papel que puedan tener las plantas que crecen alrededor del cultivo puede ser de alternantes o reservorios de virus, lo que está en función de las características intrínsecas de las mismas; es decir, si la especie posee estrategias de sobrevivencia que le permitan mantenerse viva entre una y otra estación de crecimiento, podría actuar como reservorio. Sin embargo, si es una planta anual, permanecerá viva sólo durante una parte de la estación de crecimiento, lo que le permitiría actuar solamente como un hospedero alternante.

De las 44 especies determinadas, 9 resultaron infectadas con alguno de los cuatro virus estudiados. En el Cuadro 2, se muestra una relación por localidad de estas especies.

Cuadro 1. Familias y especies de plantas no cultivadas muestreadas en el Estado de México asociadas al cultivo de papa que podrían ser reservorios de virus.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	VIRUS
Asteraceae	<i>Achilea millifolium</i> L.	
Asteraceae	<i>Ambrosia polystachya</i> DC.	
Asteraceae	<i>Bracchiaris conferta</i> Kunt.	
Asteraceae	<i>Cirsium ehreberdii</i> Sch. Bip.	
Asteraceae	<i>Conyza erthrolanea</i> Klath.	
Asteraceae	<i>Conyza microcephala</i> Hemsl.	
Asteraceae	<i>Cotula australis</i> (Spreng) Hook.	
Asteraceae	<i>Erigeron longines</i> DC.	
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	Y. X
Asteraceae	<i>Senecio salignus</i> DC.	X. Y
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	
Solanacea	<i>Cestrum terminale</i> L.	
Solanacea	<i>Physalis stapheloides</i> Regel Bitter.	
Solanacea	<i>Solanum americanum</i> Miller.	
Solanacea	<i>Solanum</i> spp.	A. S. Y. X
Cruciferae	<i>Brassica campestris</i> L.	Y. A
Cruciferae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	
Cruciferae	<i>Descurraia impatiens</i> Schulz.	
Cruciferae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculatae</i> L.	
Oxalidaceae	<i>Oxalis tetraphylla</i> L.	
Oxalidaceae	<i>Oxalis urens</i> L.	
Poligonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	
Poligonaceae	<i>Rumex acetocella</i> L.	X. Y. A
Caprifoliaceae	<i>Sambucus mexicanus</i> Presl.	
Caprifoliaceae	<i>Simphoricarpus microphyllus</i> Kunt.	
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> Ait.	
Asclepiadiaceae	<i>Asclepias ovata</i> L.	
Loganiaceae	<i>Bourelia cordata</i> Kunt.	
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Gal.	
Carvophylaceae	<i>Arenaria bryoides</i> Willd.	
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium glaucum</i> L.	Y. A
Boraginaceae	<i>Cynoglossum amabile</i> L.	X
Papaveraceae	<i>Aragemone platyceras</i> Link.	Y. X
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i> Kunt.	
Umbelliferae	<i>Eryndium proteiflorum</i> L.	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia furcillata</i> L.	
Geraniaceae	<i>Geranium seemanii</i> Pevr.	
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	
Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L.	
rosulariaceae	<i>Ribes rugosum</i> Cov. et Rose	
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.	
Vervenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	Y. S

Cuadro 2: No. total de muestras colectadas de las nueve especies que resultaron positivas para alguno de los virus estudiados.

ESPECIE	XALATLACO	JAJALPA	TLACOTEPEC
<i>Senecio salignus</i> DC.	26	24	19
<i>Cynoglossum amabile</i> L.	8	4	10
<i>Rumex acetocella</i> L.	18	21	11
<i>Solanum</i> spp.	11	9	12
<i>Verbena carolina</i> L.	15	12	9
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	20	11	4
<i>Brassica campestris</i> L.	11	10	12
<i>Gnaphalium</i> spp.	8	11	10
<i>Argemone platyceras</i> Link.	3	9	10

Como se puede apreciar, *Senecio salignus* DC., *Rumex acetocella* L. y *Verbena carolina* L., fueron las plantas que se encontraron con mayor frecuencia; por el contrario, las que se encontraron en forma menos frecuente fueron, *Argemone platyceras* Link. y *Gnaphalium* sp.

4.1. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Senecio salignus* DC..

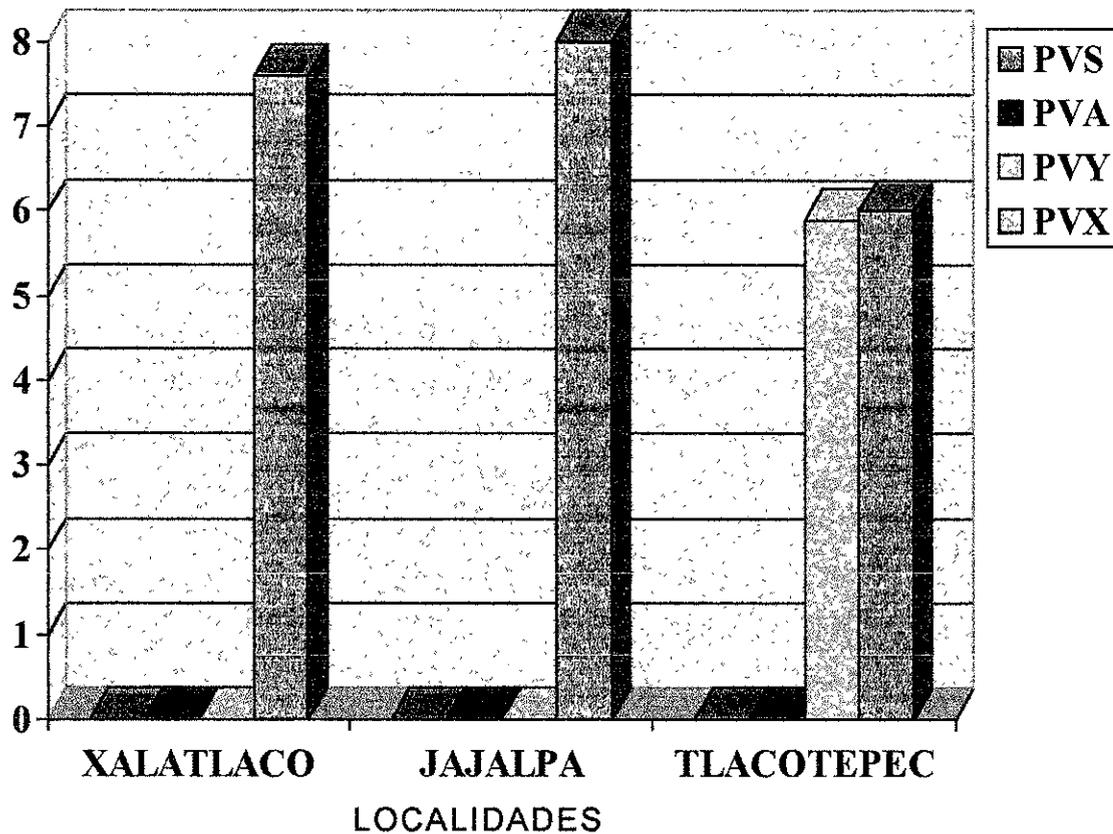


Figura 1: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Senecio salignus*, en tres localidades del estado de México

En la figura 1, se puede observar que *Senecio salignus* DC. resultó positiva al PVX en las tres localidades de muestreo. En la zona de Jajalpa se detectó el mayor porcentaje de infección de esta especie, con 8 % del total de muestras colectadas. Para la localidad de Xalatlaco y Tlacotepec la incidencia de plantas infectadas fue de 7.8 % y 6 %, respectivamente. Estas diferencias en la incidencia

puede ser consecuencia de que en Xalatlaco y Jajalpa existe una población mayor de *S. salignus* que en Tlacotepec y por lo tanto, las plantas crecen más juntas, situación que influye en el contagio si tomamos en cuenta que la principal forma de infección y diseminación del Virus X de la Papa, es mecánica.

El virus Y de la papa, se encontró infectando *Senecio salignus* DC. únicamente en la zona de Tlacotepec, con una incidencia del 6%. En Jajalpa y Xalatlaco ninguna muestra de esta especie resultó positiva, no obstante que este virus se encuentra en estas localidades como se muestra en la figura 9, de donde se deduce, que en estas localidades la incidencia del virus es menor que en Tlacotepec

Cabe señalar que *Senecio salignus* DC. es una especie que en la literatura consultada no se encuentra señalada como hospedante de virus de la papa, por lo que no se le ha dado la importancia que merece, a pesar de que es un arbusto perenne siempre verde. Dados los resultados del presente trabajo, se le puede considerar reservorio de los virus PVY y PVX; esto sugiere que *S. salignus* puede tener un papel importante en la diseminación de estos virus de la papa.

Estos resultados coinciden en parte con lo encontrado por, Stevens y colaboradores (1994) quienes consignan que *Senecio*

vulgaris, una especie emparentada con *S. salignus*, es hospedera del Virus del amarillamiento medio del betabel (BMYV) y del virus amarillo oeste del betabel (BWYV).

De los resultados mostrados en la figura 1, se puede pensar que *Senecio salignus* DC. no es infectada por los virus PVA y PVS, debido a que no se encontraron plantas infectadas en las tres localidades de estudio.

4.2. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Cynoglossum amabile* L.

Unicamente en las muestras colectadas en Tlacotepec se encontraron plantas de *Cynoglossum amabile* L. infectadas con el Virus X de la Papa, el promedio de infección fue del 8% del total de las plantas colectadas de esta especie.

Los resultados no coinciden con lo señalado por Bagnall (1986), quien consigna que la gamma natural de hospedantes del PVX, está limitada a *Lycopersicon sculentum* y *Physalis oxycarpa*. Sin embargo, Rich (1983) señala que para este virus se han logrado producir síntomas en forma experimental en otras Solanáceas, Quenopodiáceas, Amarantáceas y ciertas leguminosas.

En las localidades de muestreo de Xalatlaco y Jajalpa no se detectó ningún ejemplar de *Cynoglossum amabile* L. infectado con el PVX. Esta situación puede tener explicación en el hecho de que en estas localidades la población de esta especie es reducida, además que el Virus X de la Papa se transmite principalmente de forma mecánica, con lo que las probabilidades de contagio están limitadas.

Para el caso de las pruebas de los virus PVA, PVY y PVS, no se encontró ninguna planta de *Cynoglossum amabile* L. positiva a este tipo de virus, lo que puede ser indicativo de selectividad del hospedante y/o de patógeno o falta de oportunidad para que se presente la infección.

4.3. Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en *Rumex acetocella* L.

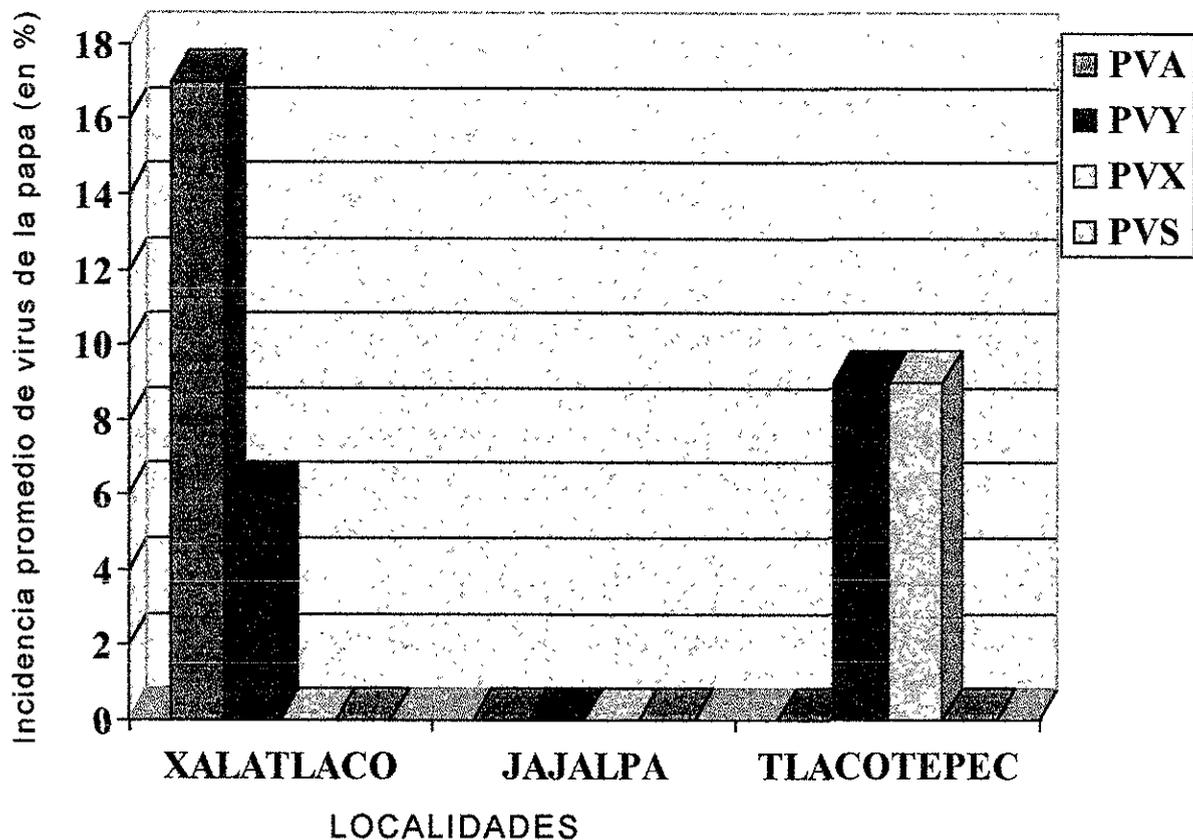


Figura 2: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Rumex acetocella*, en tres localidades del estado de México.

La Figura 2 muestra la incidencia de los cuatro virus de estudio en *Rumex acetocella* L.. Donde se puede observar que esta especie es infectada por el PVA, PVX y PVY. El PVY se encontró con una incidencia en la plantas colectadas del 6 y 9 % para las localidades de Xalatlaco y Tlacotepec respectivamente. La diferencia del porcentaje de infección concuerda con los resultados mostrados en la figura 9, donde se aprecia que Tlacotepec es la zona con la mayor incidencia promedio para este virus.

En Jajalpa no se encontró ninguna muestra de *Rumex acetocella* L. que diera reacción positiva al PVY, no obstante que en esta localidad se detectaron otras especies infectadas con el patógeno en cuestión.

El virus A de la papa se detectó en *Rumex acetocella* L. con una incidencia del 17% en Xalatlaco; a pesar de que ninguna de las muestras colectadas en Jajalpa y Tlacotepec resultó positiva.

Para el Virus X de la Papa, se encontró una incidencia de 9 % en la zona de Tlacotepec y no se detectó ninguna planta infectada en las localidades de Xalatlaco y Jajalpa. Lo resultados obtenidos para este virus, concuerdan con lo señalado por Kaczmarek (1985), quien consigna que *Rumex acetocella* es hospedante del Virus X de la Papa.

4.4. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Solanum* spp.

En las tres localidades de muestreo, existen más de 20 especies distintas de *Solanum* (Villarreal, 1994), las cuales no se lograron identificar hasta especie debido a de que al momento de colectar muestras para el laboratorio, no tenían las estructuras florales, por lo que se optó por agruparlas como *Solanum* spp.

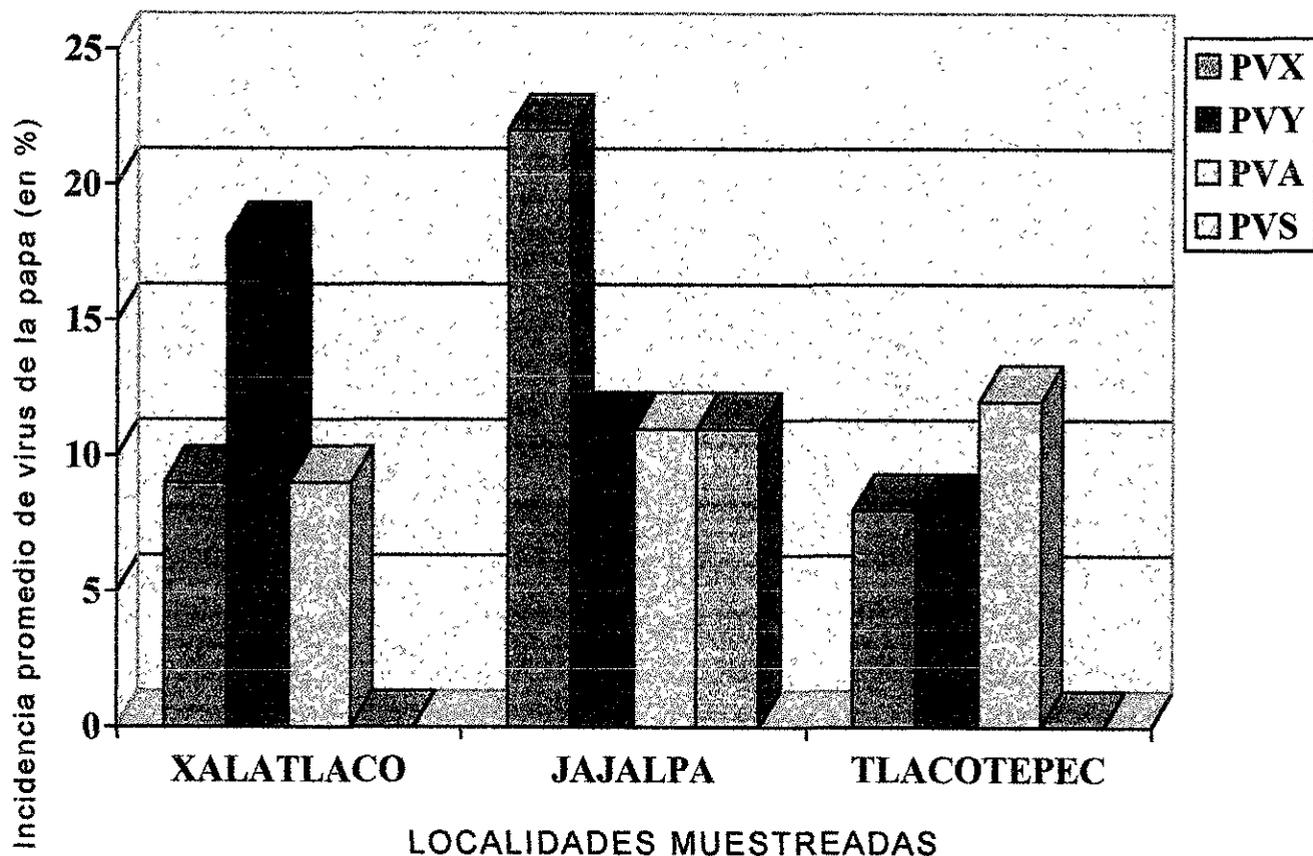


Figura3: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Solanum spp.* en tres localidades del estado de México

Los resultados de los diagnósticos para el grupo de papas silvestres se resumen en la figura 3, donde se puede observar que este grupo de Solanaceas son infectadas por los cuatro virus en estudio. Los resultados concuerdan con lo señalado por Jayasinge (1988), Rich (1983), Bokx (1980), Bagnall (1986) y Cadena (1991) quienes señalan a las especies silvestres de papa como reservorios de virus que infectan a la papa cultivada.

Con el análisis a las muestras de *Solanum spp.* mediante la prueba de ELISA, no se detectó presencia del PVS en las localidades de Xalatlaco y Tlacotepec; no obstante que en Jajalpa, se detectó una infección del 11 % en este grupo de plantas.

Los virus PVY, PVX y PVA, se detectaron en las tres localidades estudiadas y al analizar la figura 4 en conjunto, se puede ver que en Jajalpa, Tlacotepec y Xalatlaco, se encuentra una incidencia promedio de 12, 13 y 11%; respectivamente.

4.5. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Verbena carolina L.*

De acuerdo a los resultados del presente trabajo, *Verbena carolina L.*, es otra de las especies de plantas no cultivadas que es afectada por virus de la papa. La incidencia de los cuatro virus estudiados en esta especie, se muestra en la figura 4.

En ninguna de las localidades se detectaron muestras positivas a los virus X y A de la papa.

El Virus Y de la Papa se detectó en las tres localidades, con una incidencia promedio de 18 %.

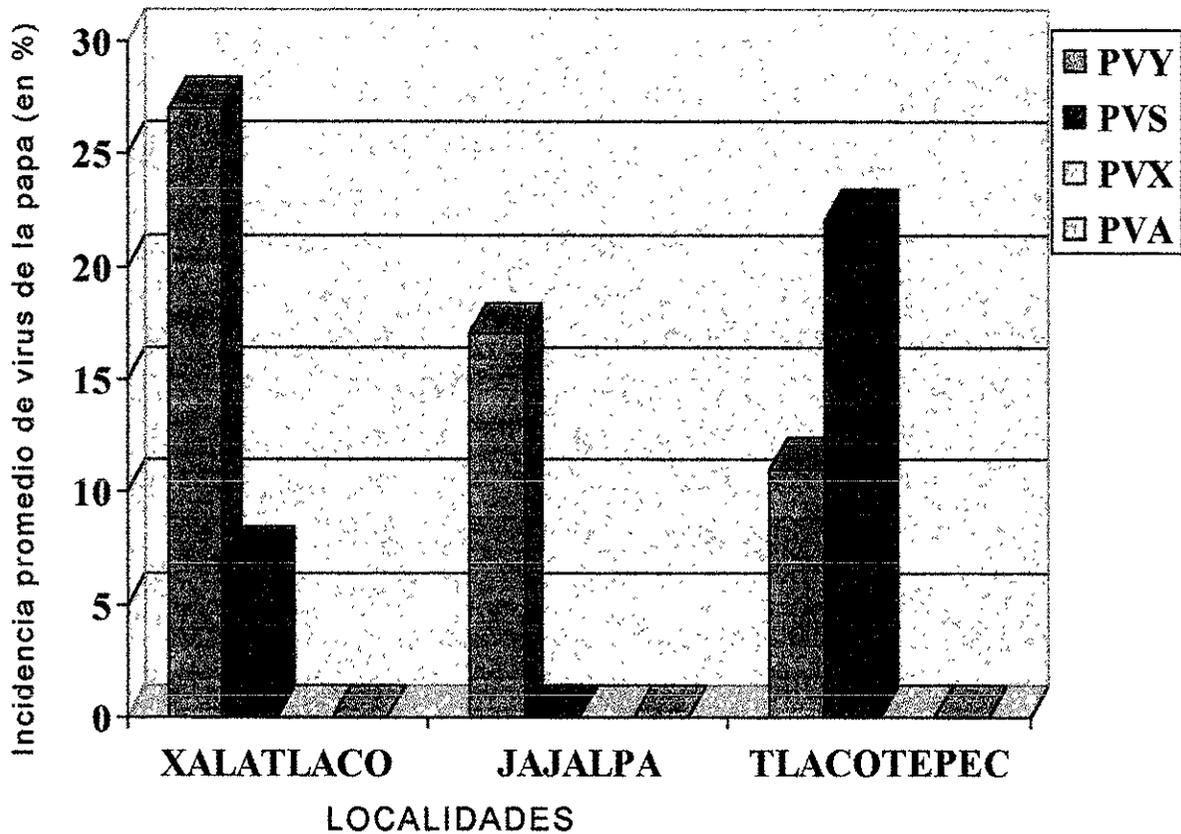


Figura 4: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Vervena carolina*. en tres localidades del estado de México

El PVS se detectó solamente en las localidades de Tlacotepec y Xalatlaco con una incidencia de 26 y 7 %, respectivamente. Esta incidencia desigual no coincide con los resultados generales por zona, mostrados en la figura 9, donde se puede apreciar que Jajalpa muestra un promedio de incidencia mayor que Xalatlaco, por lo que se puede señalar que los resultados mostrados para *Verbena carolina*

L. están influenciados por el tamaño de las poblaciones encontradas, dado que en Jajalpa se encontraron pocos ejemplares de esta especie, lo que puede limitar la posibilidad para que el virus infecte a la planta; esto debido a que la forma de diseminación del PVS, se da principalmente de forma mecánica (por el roce entre plantas y el paso de maquinaria agrícola), aunque de acuerdo a Bagnall (1983), ciertas variantes se pueden transmitir por medio de áfidos en forma no persistente.

4.6 incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en *Chenopodium glaucum* L.

En la figura 5 se muestra la incidencia de PVA, PVY, PVS, y PVX en *Chenopodium glaucum* L. Como se puede apreciar, no se encontró ninguna planta de *esta especie* que resultara positiva al PVS y PVA. Una de las causas probables puede ser el tamaño de muestra, el cual estuvo limitado para esta especie debido a que se encontraron pocos ejemplares creciendo en el área de colecta, lo que influyó para que los resultados no coincidieran con lo consignado por Salazar (1982), Bagnall (1986) y Rich (1983), quienes señalan a las Quenopodiaceas como hospederas de los virus X y S de la papa

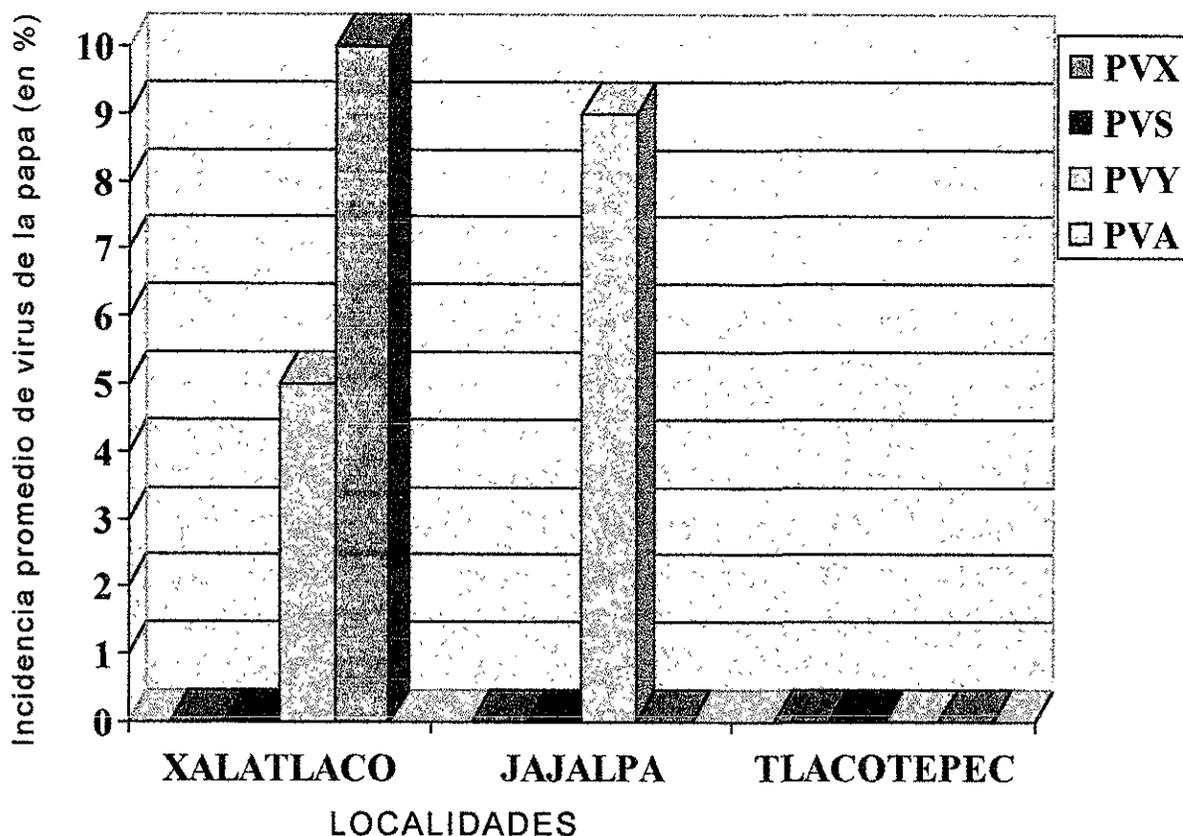


Figura 5 Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Chenopodium glaucum*. en tres localidades del estado de México.

El PVA se detectó en la zona de Xalatlaco con una incidencia del 8 %; sin embargo, en las localidades de Jajalpa y Tlacotepec no se detectó ninguna planta de *Chenopodium glaucum* L. positiva al virus, a pesar de que en estas localidades se encontraron plantas de *Rumex acetocella* L. que resultaron positivas.

Las características en la epidemiología del PVA, permitirían que se diseminara en forma fácil entre todas las plantas susceptibles de ser hospedantes de este virus. De acuerdo a Bokx (1986) y Rich (1983) se transmite de forma mecánica por siete especies de áfidos

entre los que figuran *Aphis frangule*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*.

Por otra parte el Virus Y de la Papa se detectó en Xalatlaco y Jajalpa con una incidencia del 4 y 7%, respectivamente. Con este virus en *Chenopodium glaucum* L. sucede algo similar a lo que se encontró en PVA, puesto que en esta especie no se detectó en la zona de Tlacotepec a pesar de que en esta zona, se encontró una incidencia de 8 % en *Solanum sp.* y 5.9 % en *Senecio salignus* DC. Lo anterior reafirma la tesis de que la infección es independiente de las localidades.

4.7. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Brassica campestris* L.

La Figura 6 muestra la incidencia de los cuatro virus estudiados en *Brassica campestris* L. Al respecto se puede comentar que esta especie no es afectada por los virus X y S de la papa, ya que no se encontró ninguna planta que reaccionara en forma positiva en las pruebas de ELISA. Aunque tal vez esto se debió a que no se encontraron las condiciones propicias para que ocurriera la infección.

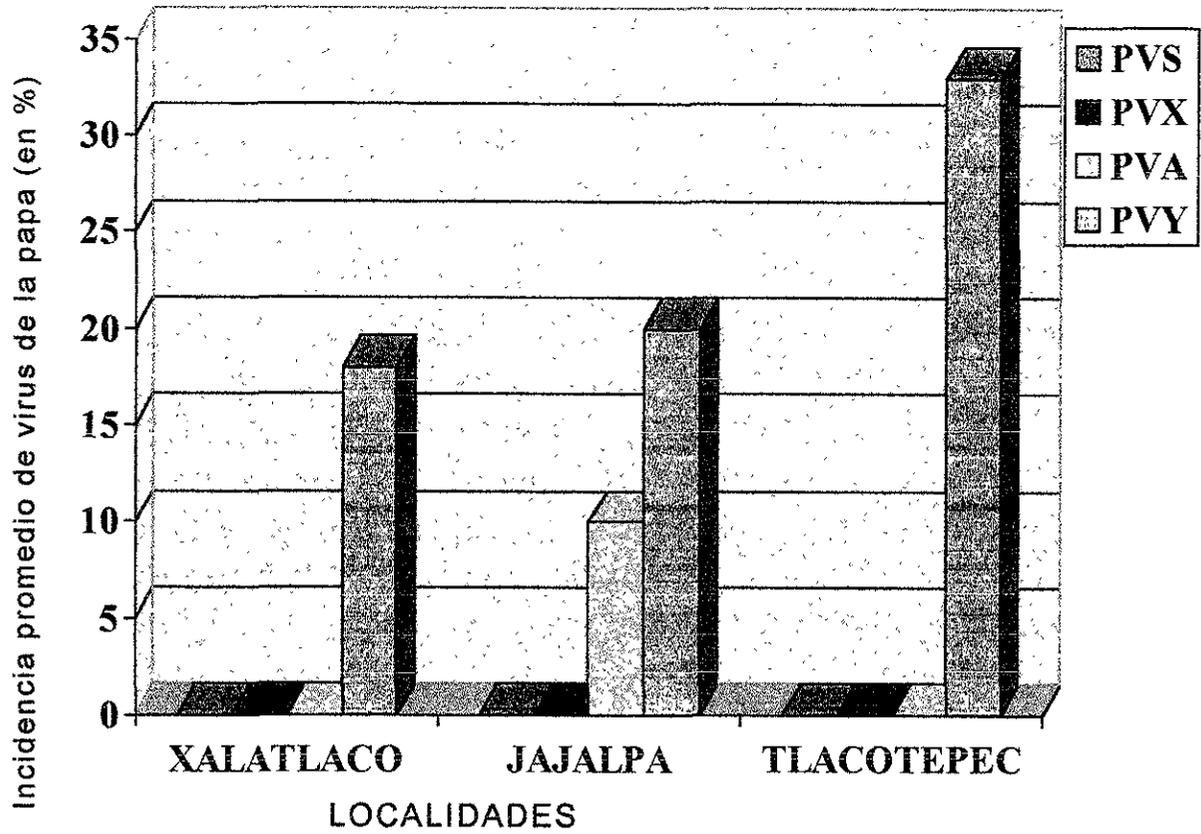


Figura 6: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Brassica campestris*, en tres localidades del estado de México

El Virus Y de la Papa se detectó con una incidencia alta en las crucíferas infectadas, en la zona de Tlacotepec se detectó una incidencia del 33 %, mientras que en Jajalpa el porcentaje de infección fue de 20% y en Xalatlaco se registró un 18%.

El Virus A de la Papa se detectó con una incidencia del 10 % en plantas de *Brassica campestris L.* para la zona de Jajalpa. Por el contrario, en Xalatlaco y Tlacotepec no se detectó ningún ejemplar de esta especie infectada con el PVA.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Ellis (1992) quien señala que *Raphanus raphanistrum* una crucífera cercanamente emparentada con *Brassica campestris* es hospedera de PLRV y con Fox (1993), quien por su parte concluye que las crucíferas *Sisymbrium altissimum* y *Capsella bursa-pastoreis* también actúan como fuentes del PLRV.

4.8. Incidencia de PVA, PVS, PVY y PVX en *Gnaphalium sp.*

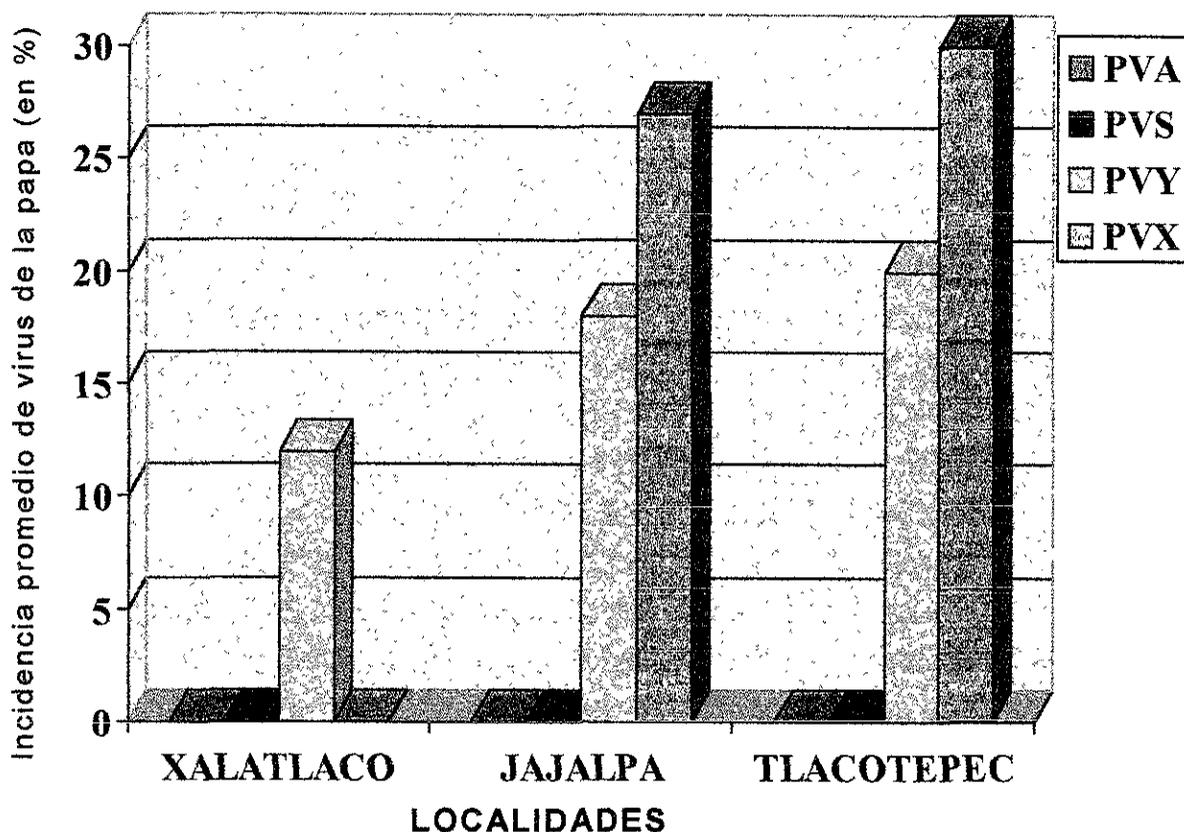


Figura 7: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Gnaphalium sp.*, en tres localidades del estado de México

Para el PVX se registraron incidencias de 27 % en Jajalpa y 30 % en Tlacotepec; no obstante, en la zona de Xalatlaco no se encontró ninguna planta que resultara positiva para este virus.

Para el PVY, los resultados de la prueba de ELISA a las muestras recolectadas, señalan una incidencia promedio de 12 % en

Xalatlaco, 18 % en Jajalpa y 20 % en Tlacotepec. Para el PVS y el PVA, en ninguna de las localidades estudiadas se encontraron plantas de *Gnaphalium sp.* que diera una reacción positiva en los análisis realizados.

4.9. Incidencia de PVA, PVS PVY y PVX en *Argemone platyceras* Link.

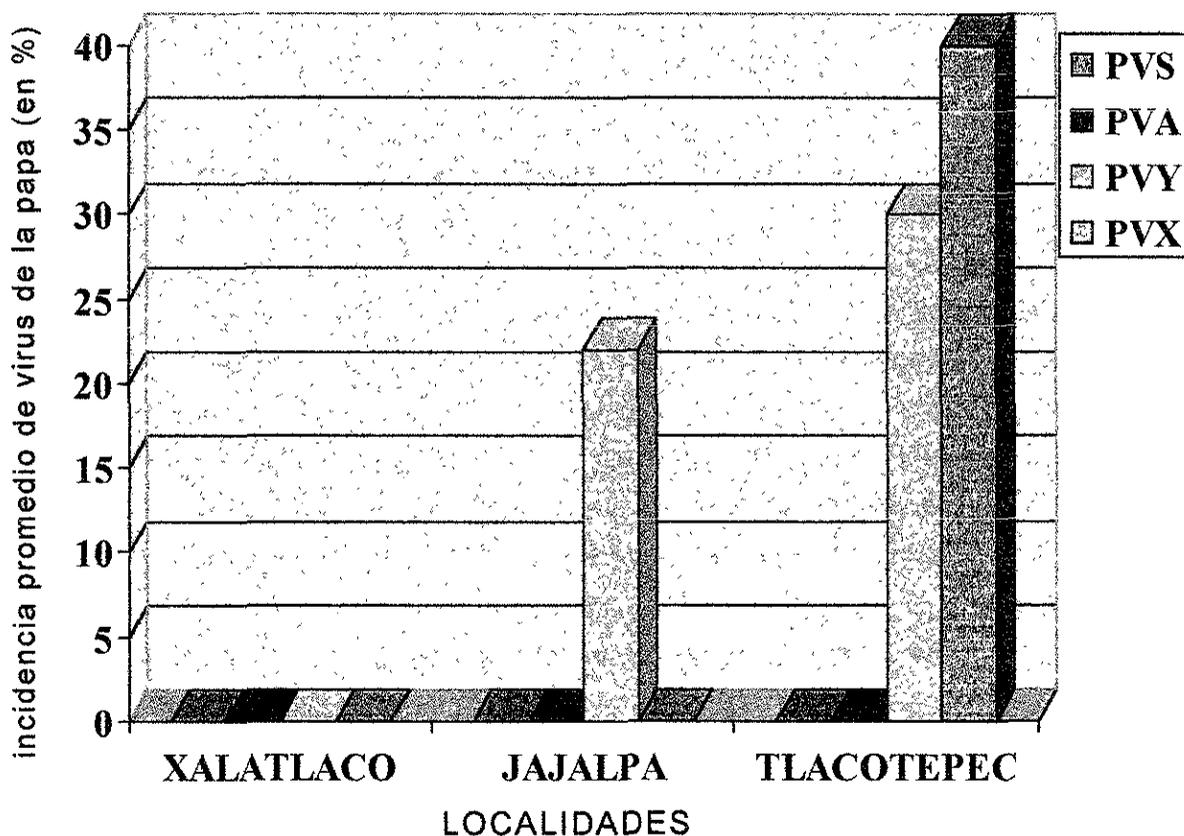


Figura 8: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en *Argemone platyceras*, en tres localidades del estado de México

En la figura 8, se muestra la incidencia de PVA, PVY, PVA y PVS EN *Argemone platyceras Link.*.

El PVX se encontró en esta especie en una incidencia de promedio de 40% en Tlacotepec pero no se encontraron plantas positivas en Jajalpa ni en Xalatlaco.

Para el Virus Y de la Papa se encontraron plantas positivas en Jajalpa y Tlacotepec, con una incidencia promedio del 22 y 30 % respectivamente.

El que en Xalatlaco no se encontrarán plantas de *Argemone platyceras Link.* infectadas con PVX y PVY, puede ser consecuencia del tamaño de la población de esta especie en los sitios de muestreo. Así mismo, en ninguna de las localidades se registraron muestras de *Argemone platyceras Link.* de infectadas con PVA y PVS.

Los resultados de la gráfica 8 concuerdan con lo señalado por Kaczmarek (1985), quien incluye a *Papaver rhoeas*, de la familia de la Papaveracea, como hospedera del Virus X de la Papa, no así del PVS.

4.10. Incidencia promedio de PVA, PVS, PVY y PVX en tres localidades del Estado de México

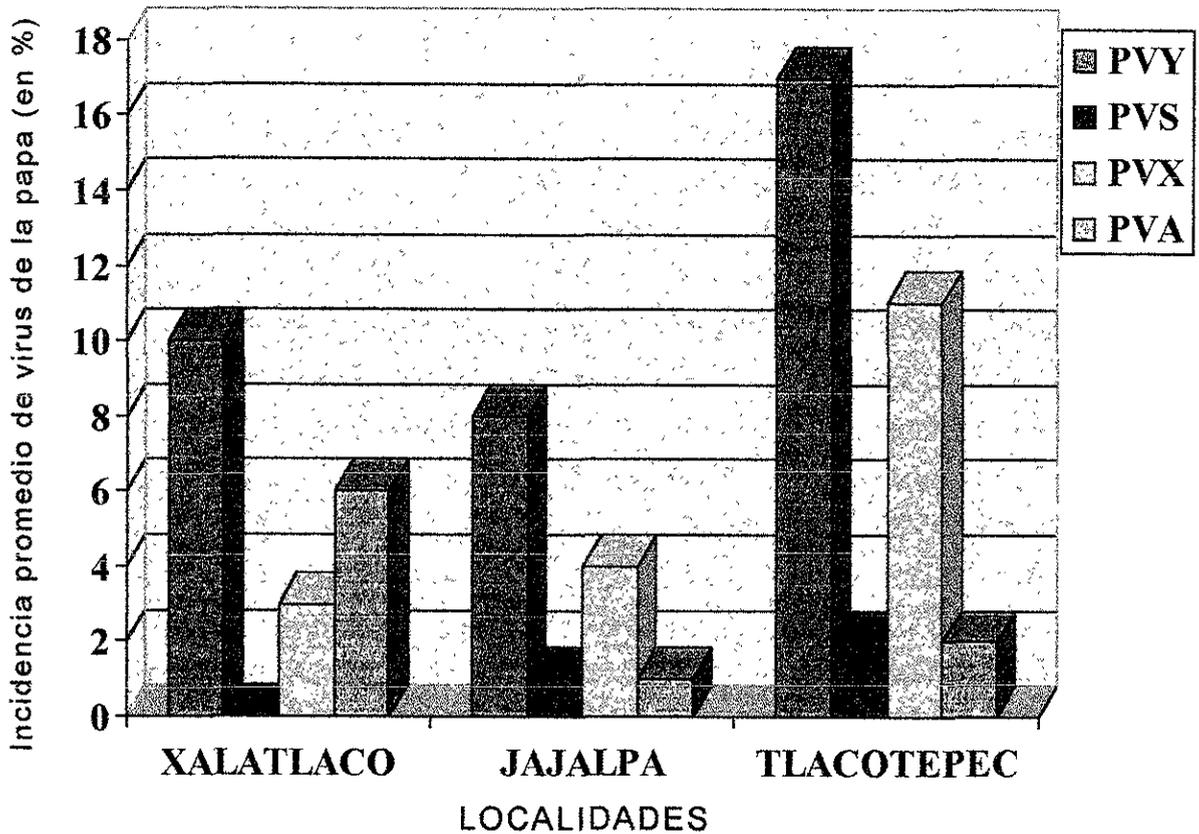


Figura 9: Incidencia promedio de cuatro virus de la papa en nueve especies de plantas no cultivadas, en tres localidades del estado de México.

Los resultados generales mostrados en la figura 9, sugieren que la zona de Jajalpa es el área menos contaminada con los virus estudiados. Asimismo, que la localidad de Tlacotepec es donde se encontró la mayor incidencia promedio, puesto que se detectaron 17

Por otra parte, en base a los resultados de los muestreos, en Xalatlaco no se detectó ninguna muestra infectada con el Virus S de la Papa. No obstante, el PVA se detectó con una incidencia promedio del 6%, la más alta de las tres localidades de colecta.

A partir del análisis general de la figura 9, se puede concluir que al parecer de las tres localidades estudiadas, Jajalpa es la mejor zona para producir tubérculos semilla de la papa; puesto que, en esta zona se registraron las incidencias promedio más bajas tanto del PVY como del PVX y a pesar de que se detectaron virus como el PVS y PVA, su incidencia es baja.

4.11. Concentración relativa de PVA, PVS PVY y PVX en nueve especies de plantas no cultivadas

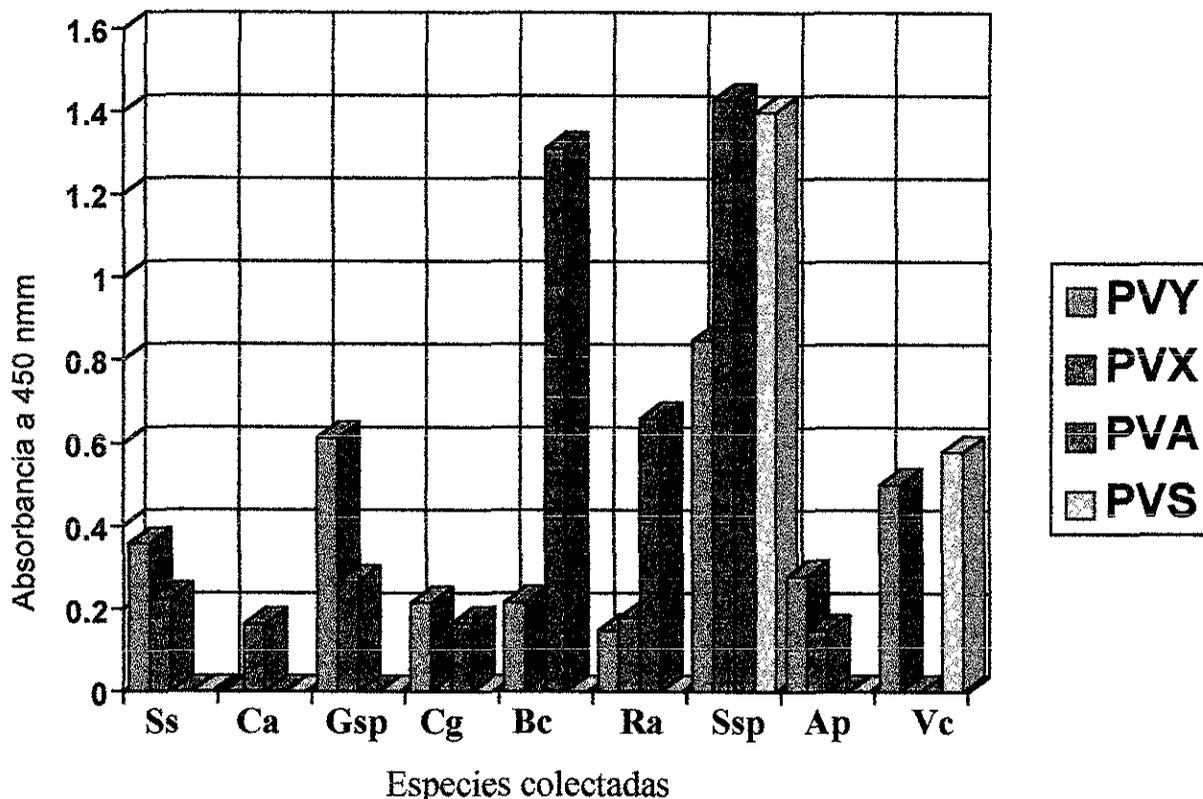


Figura 10: Concentración relativa de cuatro virus de la papa en tres localidades del estado de México, en nueve especies de plantas no cultivadas. La lectura se realizó en un lector Bio Rad.

Senecio salignus (Ss), Cynoglossum amabile (Ca), Gnaphalium sp (Gsp), Chenopodium glaucum, (Cg), Brassica campesstris (Bc), Rumex acetocella (Ra), Solanum (Sp), Argemone platiceras (Ap), Vervena carolina (Vc).

En la figura 10, se graficaron las concentraciones relativas de virus, en las nueve especies que resultaron positivas a alguno de los cuatro virus estudiados.

Solanum sp. es la especie que tiene las más altas concentraciones de PVS, PVY y PVX, y *Brassica campestris L.* la que presenta la mayor concentración para el PVA.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 10, se puede considerar que las concentraciones relativas encontradas en las plantas no cultivadas son bajas en su mayoría; no obstante, es posible que los virus se mantengan en este tipo de plantas, en cantidad suficiente como para que sean diseminados cuando se presenten las condiciones adecuadas, tanto de factores físicos como de vectores y hospedantes, donde puedan replicarse favorablemente.

Cabe aclarar que en las especies de plantas silvestres que resultaron positivas a los virus de estudio, no se encontraron síntomas que indicaran infección por alguno de ellos. De hecho, cuando se realizó la colecta de material, como se explicó en el apartado de materiales y métodos, no se buscaron plantas que manifestaran algún síntoma. Este es un hecho que es importante resaltar ya que al no presentar síntomas, este tipo de plantas pasa desapercibidas como para la mayoría de los agricultores como reservorios u hospedantes de virus, lo que determina que las plantas que crecen en los alrededores del lote de producción se dejen crecer y solo se eliminen cuando no invaden el terreno de cultivo. Lo

anterior es un factor para que las plantas no cultivadas actúen como reservorios efectivos u hospederos alternantes de la plagas de un cultivo.

El hecho de que algunas de las plantas muestreadas hayan resultado infectados solamente con algunos de los virus estudiados puede ser indicativo de que la gamma de hospederos es independiente para cada virus; es decir, cada virus tiene sus propios hospederos, y el que una especie pueda ser parasitada por un virus de la papa no significa que puede ser infectada por todo el grupo de virus fitopatógenos de *Solanum tuberosum*.

Para que una planta sea reservorio de los virus estudiados, se deben considerar algunas características como son: que se mantenga activa mientras el cultivo no está presente o que permanezca entre uno y otro ciclo de crecimiento mediante alguna estrategia de sobrevivencia como pueden ser rizomas o estolones.

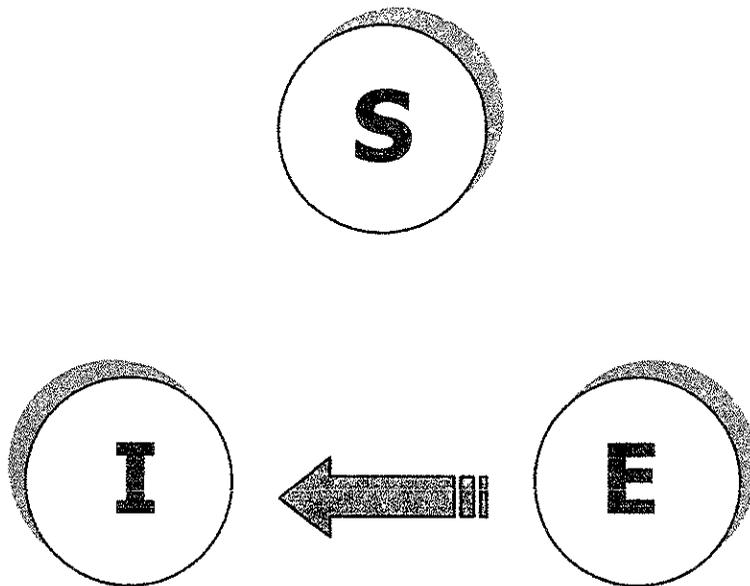
Bajo el esquema anterior, las especies que pueden funcionar como reservorios de virus de la papa son *Senecio salignus* DC., *Cyanoglossum amabile*, *Rumex acetocella* L. y *Solanum* sp. Por ejemplo, *Senecio salignus* DC. es una arbusto perenne que crece en los lugares donde se ha perturbado la vegetación original. *Cynoglossum amabile* L. puede permanecer entre una y otra estación

de crecimiento en forma de rizomas delgados que emitirán un brote cuando las condiciones sean las adecuadas. *Rumex acetocella* L., tiene un rizoma que le sirve como órgano de reserva por lo que funciona como estrategia de sobrevivencia entre uno y otro ciclo, lo que le permite soportar las condiciones adversas del invierno. *Solanum* sp., comprende una serie de papas silvestres que permanecen entre un ciclo y otro en forma de tubérculos.

Los resultados del algoritmo de Edwards (1995), muestran que con un α de 0.05 la distribución de los virus estudiados no varía significativamente entre localidades, lo que significa que las tres localidades estudiadas son estadísticamente iguales para la producción de papa. No obstante, el modelo señala que existe una interacción significativa entre las especies que resultaron positivas y la presencia de virus, expresado en este caso como porcentaje de infección.

Con la finalidad de encontrar la relación entre las variables especie, porcentaje de infección y localidad, se le solicitó al programa de Edwards el diagrama de influencia entre las variables resultando lo siguiente:

Figura 10: Diagrama de Edwards, donde se muestra la relación entre las variables .



En este diagrama, **I** es el porcentaje de infección, **S** es la localidad de muestreo y **E** la especie. De acuerdo al diagrama, la única variable dependiente es el porcentaje de infección mismo que esta en función de la especie detectada como hospedera de alguno de los virus estudiados (PVX, PVY, PVS y PVA); en otras palabras, algunas especies son más susceptibles a la infección de los virus de la papa estudiados (PVY, PVX, PVS y PVA) que otras, lo que a fin de cuentas es determinante para que puedan funcionar como reservorios de virus de la papa.

En el diagrama se puede observar que no existe ninguna relación entre las especies infectadas y la localidad donde se

encontraron, es decir el grado de infección y la posibilidad de encontrar una especie infectada en determinado sitio, es totalmente casuístico dado que no depende del lugar de donde crece.

Del total de muestras colectadas que se relacionan en el Cuadro 2 (pag. 45). En el Cuadro 3, se muestra el número de positivas y negativas por especie; así mismo, se muestran la proporciones marginales de infectadas y no infectadas expresadas en porciento; en este cuadro se ilustra como el porciento de infección varía entre las especies de manera notable pero no entre las localidades.

Cuadro 3: Relación de infectados y no infectados por especie y localidad, así como las proporciones marginales en relación al total de muestras recolectadas por especie.

Especie	Xalatlaco		Jajalpa		Tlacotepec		Proporciones marginales por especie	
	no infectado	infectado	no infectado	infectado	no infectado	infectado	no infectado	infectado
<i>Senecio salignus</i> DC.	24	2	22	2	17	2	91.30	8.67
<i>Cinoglossum amabile</i> L.	8	0	4	0	10	1	95.65	4.35
<i>Rumex acetocella</i> L.	14	4	16	5	7	4	74.00	26.00
<i>Solanum spp.</i>	7	4	5	4	8	4	62.50	37.50
<i>Vervena carolina</i> L.	10	5	8	4	8	1	72.22	27.78
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	17	3	10	1	4	0	88.57	11.43
<i>Brassica campestris</i> L.	9	2	7	3	8	4	72.73	27.27
<i>Gnaphalium spp.</i>	7	1	6	5	5	5	62.07	37.93
<i>Argemone platyceras</i> Link.	3	0	7	2	7	3	66.67	33.33
Proporciones Marginales por zona de muestreo	73.32	26.68	76.58	23.42	74.76	24.24		

Como se puede observar, de acuerdo a las proporciones marginales por localidad, la incidencia de los cuatro virus estudiados no varía de manera notable entre localidades por lo se puede

considerar que las tres localidades de estudio son iguales para la producción de tubérculos para semilla.

Las proporciones marginales por especie señaladas en el Cuadro 3, concuerdan con lo señalado en la Figura 10 respecto a la dependencia del grado de infección y la especie, ya que en este cuadro se puede apreciar que existen diferencias notables entre el porcentaje de infección para las especies. Lo que a fin de cuentas significa, que hay plantas no cultivadas que son más susceptibles a los virus estudiados, lo que puede ser un factor determinante para que funcionen como reservorios efectivos de los virus PVX, PVY, PVA y PVS.

De las muestras colectadas, las correspondientes a *Solanum spp.*, *Vervena carolina L.*, *Brassica campestris L.*, *Gnaphalium spp.*, *Argemone platyceras Link* y *Rumex acetocella L.*, fueron las que se encontraron con más altos porcentajes de infección, de estas especies *Solanum. spp* y *R. acetocella*, tienen la capacidad de permanecer entre una y otra estación de crecimiento dado que forman estructuras de resistencia como tubérculos o rizomas, por lo que pueden tener un papel muy importante en la diseminación de virus de la papa.

5.0 CONCLUSIONES

Con base en la información obtenida se puede concluir lo siguiente:

Algunas especies de las compuestas, crucíferas, poligonáceas boragináceas y papaveráceas, pueden actuar como reservorios o como hospederos alternos.

Las especies que pueden funcionar como reservorios de virus de la papa son *Senecio salignus* DC., *Cianoglossum amabile*, *Rumex acetocella* L. y *Solanum spp.*, debido a que poseen características que les permiten sobrevivir de uno a otro ciclo de crecimiento de la papa.

La gamma de hospedantes de virus de la papa no está restringida solamente a solanáceas, quenopodiáceas y amarantáceas como se ha señalado.

Hay especies a las que no se les ha prestado la atención adecuada, a pesar de que existe la posibilidad de que tengan un papel importante en la epidemiología de los virus de la papa; uno de

estos casos puede ser *Senecio salignus* DC. ya que puede ser una fuente constante de PVY debido a que es una planta perenne.

Nuevos hospederos de virus de la papa son: para el PVX *Argemone platyceras* Link., *Cynoglossum amabile* L. *Senecio salignus* DC. y *Gnaphalium* sp; para PVY *Argemone platyceras* Link., *Chenopodium glaucum* L., *Brassica campestris* L., *Senecio salignus* DC. y *Gnaphalium* sp; y para el PVA *Chenopodium glaucum* L.

Especies como *Gnaphalium* sp., *Chenopodium glaucum* L., *Brassica campestris* L., *Argemone platyceras* Link. y *Verbena carolina* L., solo pueden tener un papel de hospedantes alternantes en la epidemiología del PVS, PVY, PVX y, PVA puesto que no tienen estrategias de sobrevivencia que les permitan permanecer entre uno y otro ciclo de crecimiento.

Las tres localidades estudiadas Xalatlaco, Jajalpa y Tlacotepec presentan las mismas características en cuanto a sanidad de los virus PVX, PVY, PVA y PVS.

6.0 LITERATURA CITADA

- ABDEL, Salam, A. M. 1991. Tomato yellow curl virus in Egypt:2 the use of its locally induced antiserum for the detection of its incidence in economic and wild plants in the field. Bulletin of agriculture. University of Cairo. 42:2, 521-532
- ACOSTA, R. 1989. Mecanismos de transmisión de virus por insectos. In: Delgadillo F. y R., Acosta. Eds. Ecología de insectos vectores de virus en plantas cultivadas. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp 1-11.
- ANANDAM, R. J. And Doraiswamy, S. 1990. Reaction of certain weeds to potato virus Y (PVY). South Indian Horticulture. 38:3, 161-162.
- BAGNALL, H.R. 1986. Potato virus S (PVS) In : Hooker, J. W. (Ed). Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society, Lima, Perú. pp 105-106.
- BARRADAS, M. Alexandre, M. Vicente M. 1982. Solanaceas silvestres como hospederas experimentales de virus – IV *Solanum fastidiatum* Willd. – *S grandiflorum* R. et P. e *S. sisymbriifolium* Lam. Arquivos – do – Instituto Biológico 49:1/4 43-49.
- BEEEMSTER, A. y A., Rozendal. 1980. Propiedades y síntomas de los virus de la papa. In: Bokx, J. Ed. Virosis de la papa y la semilla de la papa. Hemisferio Sur, Buenos Aires Argentina. pp 133-160.

- BOKX, J. A. 1980. Transmisión mecánica y por injerto. In: Bokx, J. (Ed). Virosis de la papa y de la semilla de la papa. Hemisferio Sur, Buenos Aires Argentina. pp 11-22.
- BOS. L. 1967. Methods of studding plants as virus host. In: Maramorosch, K. and H., Koprowski. (Eds). Methods in Virology. New York. pp 120-160.
- BROWN, R. C. 1983. Genetic studies and breeding of resistance to PLRV, PVY and PVX. In: Centro internacional de la Papa (CIP) (Ed). Present and future strategies for potato breeding and improvement, CIP, Lima, Perú pp 17-44.
- BUTZONICH, I.; Montes, L. Induni, S. y Alonso, S. 1984. *Solanum siyimbriophilum* Lamb., reservorio natural de virus de la papa en el Sud oeste de la Provincia de Buenos Aires. Fitopatología 19:2 89-92
- CADENA, M. A.; Díaz, V.; Rivera. P.; Carenas, S. 1991. Estudio preliminar sobre las enfermedades virosas de las papas silvestres en la mesa central de México. Revista Mexicana de Fitopatología. 9:2, 126-128.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1988. Potatoes for the developing world a collaborative experience. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. p. 13-79.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1990. Mejoramiento de la papa y la batata en el mundo. CIP, Lima, Perú. 145 p.

Centro Internacional de la Papa (CIP). 1991. Mejoramiento de la papa y la batata (camote) en el mundo. Informe anual. CIP, Lima, Perú. 130 p.

CLARK, M. F. and A. N. Adams. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of plant virus. *Journal General Virology* 34:475-483

CORDERO, M. 1983. *Parthenium hysterophorus* (escoba amarga) planta indeseable reservorio natural de virus X y Y de la papa. *Ciencia y Técnica en la agricultura. Hortalizas, Papa Granos y Fibras* 2:2, 23-32.

Dirección General de Economía Agrícola (DGEA).. 1993. Producción agrícola nacional de 26 cultivos 1980-1988. SARH, DGEA, Subdirección de Política y Concertación Mexico, D. F. 23 p.

Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). 1992. Análisis de riesgo de enfermedades de la papa. SARH, DGSV,. México, D. F. 18 p.

EASTOP, V. F. 1983. The biology of the principal aphid virus vectors. In: Plumb, R. T. and Thresh, J. M. (Eds). *Plant virus Epidemiology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. P. 115-119.

EDWARDS, D. 1995. *Introduction to Graphical Modeling*. Springer. London. 350 p.

- ELLIS, P. J. 1992 Weed host of beet western Yellows virus and Potato leafroll virus in British Columbia. *Plant Disease*. 76:11 1137-1139.
- FOX, L.; Biever, K.; Toba, H.; Duffus, F. and Thomas P. E. 1993. Overwintering and monitoring of potato leafroll virus in some wild cruciferes. *American Potato Journal*. 70:7, 505-515.
- GARCIA, M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a la república mexicana. *Enriqueta Garcia*. México D. F. 215 p.
- HASSAN, S.; Arif M. and Defoer T. 1993 Epidemiological studies of tomato in Malakand Agency of North West Frontier. *Sarhad Journal of Agriculture*. 9:1 37-43.
- HILLE, D. y R. Lambers. 1980. Pulgones: sus ciclos biológicos y su papel como vectores de virus. In: Bokx, J. (Ed). *Virosis de la papa y la semilla de la papa*. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. pp 25-254.
- HOOKER, J. W. 1986. The potato. En : In : Hooker, J. W. (Ed). *Compendium of potato diseases*. American Phytopathological Society, Lima, Perú, pp 3-7.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1991. Propuesta de programa de trabajo para autosuficiencia de producción de semilla de papa. SARH, INIFAP. México D.F. 83 p.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1992. Manual de producción de semilla de papa. SARH, INIFAP, DGSV, México D.F. 60 p.
- JAYASINGHE, U. 1988. El virus del enrollamiento de la papa. PLRV. Centro internacional de la Papa. Lima, Perú, p. 21. (Boletín de información Técnica 22).
- JOHNSON, H. N. 1967. Natural ecology. In: Maramorosch, K and H., Koprowski. (Eds). Methods in virology. Academic press. New York. pp 1-18.
- JONES, A. R. 1986. Potato Leafroll Virus. In : Hooker, J. W. (Ed). Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society, Lima, Perú. p. 68-70.
- KACZAMAREC, U. 1985. Weeds as a source of potato viruses. Ziemiak 41: 69-91.
- MARTÍNEZ, R. J. 1990. Manejo integrado de las virosis en jitomate. Revista Mexicana de Fitopatología. 8:2 132-134
- MATTHEWS, R. E. F. 1970. Plant virology. Academic Press. New York. 583 p.
- McGOVERN, R. J.; Polston, J. E. and Mullahey, J. J. 1993 Tropical Soda apple: newly identified host of tomato, pepper and tobacco viruses in Florida. Citrus and Vegetable magazine, 56:12 10-12.

- McGOVERN, R. J.; Polston, J. E. and Mullahey, J. J. 1995 *Solanum viarum*: weed reservoir of plant viruses in Florida. *International Journal of Pest Management*. 40:3,270-273.
- MUNRO, J. 1986. Potato Virus X. In : Hooker, J. W. (Ed). *Compendium of potato diseases*. American Phytopathological Society, Lima, Perú p. 72-74.
- ORTIZ, R. C. 1983. La papa *Solanum Tuberosum*, Producción y comercialización. SARH, DGSV, Econotécnica Agrícola # 75.
- PIÑA, R. J. 1984. El virus del enrollamiento de las hojas de papa en las sierras y valles del altiplano. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos México. 84 p.
- RAMAN, K. V 1980. Transmisión de virus de papa por insectos vectores. Centro Internacional de la Papa. Lima Perú. *Boletín de Información Técnica No. 2* Perú.
- RAMAN, K. V. 1985. Transmisión de virus por áfidos. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú *Boletín de Información técnica 2*.
- REESTMAN, A. J. 1980. Incidencia de la infección en los cultivos comerciales y pérdidas consiguientes. In: Bokx, J. (Ed). *Virosis de la papa y la semilla de la papa*. Hemisferio Sur, Buenos Aires Argentina. p. 191-198
- RICH, A. 1983. *Potato diseases*. Academic Press. New York. p. 93-225.

- ROCHA, P. M. 1985. Aspectos ecológicos en la diseminación de enfermedades virosas. In: Rocha, P. M. y Gonzales, G. R. (Eds). Temas en virología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Montecillos, México. P. 77-95.
- RODRIGUEZ, A. G. 1986. Virosis en la papita guera. Tesis de Maestría en Ciencias,. Colegio de Postgraduados Montecillos, México. 93 p.
- RODRIGUEZ, G. S. 1983. El Virus X de la Papa en el tomate de cascara (*Physalls ixocarpa* Brot),. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 86 p.
- SALAZAR, F. L. 1982. Manual de enfermedades virosas de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 111 p.
- SALAZAR, L. F. 1988. Detección con ELISA de virus de la papa. Serie II: Métodos de detección de virus y viroides. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. p. 12.
- SALAZAR, L. F. 1989a. Main virus diseases of potato. En: Report of the III Planning Conference "Control of Virus and Virus-Like Diseases of Potato and Sweet Potato". Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. p 9-12.
- SALAZAR, L. F. 1989b. Producción de antisueros para el diagnóstico de virus. In: Hidalgo, O. A. y Rincón R. H. (Eds). Avances en la producción de tubérculo-semilla en los países del cono sur. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. p. 115-118.

- SANGAR, R; Nagaich, B. and Agrawal H. 1985. Potato Virus S on wilt potato (*Solanum chacoense* Bitt.). Currents Science, India 54: 9.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).1991. Programa de producción de semilla de papa. SARH, SNICS, D.F México. 35 p.
- SINGH, R. P. and H., Somerville T. 1983. Effect of storage temperatures on potato virus infectivity levels and serological detection by enzyme - linked inmunosorbent assay. Plant Disease 67: 10. 1133-1136.
- SOUZA, D. J.; Costa, A S. and Nardin, A. 1993. Potato Leafroll virus in solanaceous weeds in Brazil explains severe outbreaks of the disease in the absence of known potato sources. Summa Phytopathologica. 19:2 80-85.
- STEVENS, M.; Smith, H. and Hallsworth P. 1994. The host range of beet yellowing viruses among common arable weed species. Plant Pathology 43:3 579-588.
- VILLARREAL, G. M., 1994. Comunicación personal.
- WATSON, M. A 1972. Transmission of plant viruses by aphids. In: Kado, C. I. And Agrawal, H. O. (Eds). Principles and techniques in plant virology Nostrand Reinhold. New York. p.131-167
- ZAVALA, P. T. 1995. Comunicación personal