

BOLETIN
de la
Sociedad Argentina de Botánica

VOLUMEN III

JUNIO 1949

NUM. 1

Los virus que afectan a las Plantas

Por MANUEL V. FERNÁNDEZ VALIELA

"Theory suggests that the viruses
may be as old as life itself..."
Phytopathological Classics N. 7, 1942

Los virus afectan a casi todos los seres vivientes: a las bacterias, a los animales, al hombre y a las plantas. No se conocen casos de existencia de virus sobre los hongos.

La primer referencia de la existencia de virus en las plantas fué hecha por Carolus Clusius en 1576 (1) al referirse al estriado del tulipán, pero sin reconocer su etiología. Hacia 1757 la degeneración de la papa ya era conocida en Inglaterra, suscitándose las más diversas hipótesis sobre sus causas. En 1859 Sweiten reconoció el mosaico del tabaco y Mayer en 1886 estudió en la Estación Experimental Agrícola de Wageningen. (Holanda) esa misma enfermedad, determinando su infectividad experimental. Empleó la palabra "mosaikkrankheit", que después se tradujo por los autores de habla inglesa como mosaico ("mosaic"), utilizada hoy universalmente para enfermedades de virus donde los síntomas se manifiestan alternando tejidos normales con manchas cloróticas, con la característica de un mosaico. Iwanowsky (1892-1903) en Rusia confirmó las propiedades determinadas por Mayer y además comprobó que el agente infeccioso pasaba por los filtros bacteriológicos comunes, donde las bacterias eran retenidas. Histológicamente también observó la presencia de inclusiones intracelulares conocidas por cuerpos "X". El amarillamiento del duraznero ("peach yellows") se conocía en los Estados Unidos desde 1807 y fué en 1880 que la enfermedad se tradujo en la destrucción de miles de plantas de durazneros. Smith (1888-1891) reconoció que la enfermedad era infecciosa y llamó al agente causal "contagium" para ser más preciso,

(1) *Rosarium Stirpium per Hispanias Observatum Historia*. [citado por Cook (1947)].

pues la palabra virus usada en el lenguaje médico, correspondía a un veneno y un veneno no es contagioso. Posteriormente la palabra virus quedó definitivamente incorporada para denominar a agentes infecciosos del tipo que se describen. Beijerinck (1898) confirmó también en Holanda los trabajos de Mayer sobre el mosaico del tabaco y denominó al agente "contagium vivum fluidum". La palabra virus fué frecuentemente empleada por este investigador. Baur (1904) en Alemania determinó que la clorosis de *Abutilon* sp. no era transmitida por semilla, como se creía, sino por injerto. Baur fué el primero en oponerse a la teoría bacteriana sostenida implícitamente por los anteriores investigadores, afirmando que "el virus de la clorosis infecciosa no es un organismo". En el presente siglo se desarrolla una intensa investigación en esta nueva ciencia: se estudian por igual los síntomas en diversos huéspedes, los virus, su transmisibilidad, sus propiedades físico-químicas y las relaciones serológicas. Se llega a cristalizar muchos de ellos con un alto grado de pureza, siendo extraordinaria la bibliografía producida en torno a estos agentes infecciosos en todas partes del mundo. Según Cook (1947) más de 90 familias botánicas, con 500 géneros y más de 1200 especies y variedades han sido halladas huéspedes naturales, o susceptibles, en condiciones artificiales, de ser afectadas por virus o razas de virus.

SINTOMATOLOGÍA. — La existencia de los virus se pone de manifiesto por los síntomas que producen y se aprovecha esta característica como base importante para su identificación y agrupación o clasificación. El mosaico del tabaco produce sobre tabaco síntomas generalizados en forma de mosaico como la palabra lo indica, pero produce siempre manchas necróticas localizadas sobre *Nicotiana glutinosa* en los puntos de penetración del virus, aunque a veces puede generalizarse en la planta. Los síntomas que exhibe un huésped a un determinado virus, dependen en mayor o menor grado de su estado vegetativo, de factores ambientales y de nutrición, de la edad de la planta y de la raza del virus que se considere, pero por norma general los síntomas o reacción del huésped son siempre del mismo tipo. Es esta constancia de gran importancia para la determinación de los virus por medio de los huéspedes diferenciales. Como regla general los virus se generalizan a toda la planta (sistémicos), existiendo en cualquier parte de la misma, aunque los síntomas se manifiesten sólo en un determinado órgano. El síntoma más común dentro del tipo sistémico, es aquel conocido por *mosaico* dentro de esta denominación se agrupan síntomas de bidos a gran cantidad de virus, en diversos huéspedes. Dentro del tipo del mosaico existe una fuerte tendencia a producir formas anilladas, simples o concéntricas (figs. 5 y 6), de tamaño

variable. *Necrosis*. Esta denominación abarca gran cantidad de síntomas, pero siempre formados por células muertas. Son a menudo letales para las plantas, y pueden manifestarse por manchas en las hojas (Lám. I y II), estrías en los tallos, estrías en las nervaduras, marchitamiento de los brotes (fig. 3). Estos síntomas son frecuentes bajo condiciones de invernáculo, aunque a campo también pueden observarse (tomate, papa, pimiento y otros huéspedes). En la "tristeza" o "podredumbre de las raicillas" del naranjo, recientemente comprobado que es debida a un virus, aún no se sabe si la muerte de las raicillas tiene lugar por obstrucción o degeneración de los tubos cribosos conductores de la savia elaborada o si es que el virus se localiza en las raicillas necrosadas. *Clorosis*. Síntomas menos frecuentes: amarillez del *Aster*. *Grupo heterogéneo de síntomas*. Enrulamiento de las hojas, distorsión, deformación de hojas, enanismo, malformación de frutos, etcétera. sólo algunos son letales.

Histológicamente pueden observarse diversas alteraciones en las plantas enfermas de virus: deformación de los tejidos en palizada, necrosis del floema y de los vasos, hipertrofias, hipoplasias. Además también es frecuente observar en los tejidos de plantas enfermas, cuerpos intracelulares o cuerpos "X", primeramente descritos por Iwanowski (1903)¹ en plantas de tabaco con mosaico. Estas inclusiones intracelulares son amorfas, ovales o redondeadas, variando en medida considerablemente, de 30 a 5 u. Se encuentran en hojas, flores, tallos y raíces, pero más comúnmente se hallan en los pelos epidérmicos de hojas y tallos y pueden ser observadas a la semana de la inoculación del virus, alcanzando el máximo de cantidad, al mes de infección (Bawden 1943). No todos los virus producen cuerpos "X". No han sido halladas en el virus "Y" de la papa, virus "leaf roll" de la papa y *Lycopersicum virus 3* del tomate, etcétera. La presencia de cuerpos "X" es indicio de infección, pero su ausencia no significa que la planta esté libre de virus.

HUÉSPEDES. — Algunos virus tienen gran cantidad de huéspedes (mosaico del tabaco, *Lycopersicum virus 3* del tomate); otros. un número muy reducido (virus "leaf roll" de la papa).

VIRUS COMPLEJOS. — La existencia de dos o más virus en un mismo huésped es común en condiciones naturales llamándoseles impropriamente virus complejos. Los virus no sufren ninguna modificación, pues se les puede separar y recuperar con todas sus propiedades. Son los síntomas que exhibe el huésped que varían, pues comúnmente esta asociación o coexistencia de virus produce efectos graves en la planta, ej. mosaico rugoso, producido por

(1) Citado por K. M. Smith (1933), p. 28.

virus "X" + virus "Y" en la papa. Vitoria (1946) determinó que la "estría negra del tomate" es debida en nuestro país a dos virus. Sobre papa es conocida una enfermedad, denominada en inglés "crinkle" debido a dos virus, virus "A" + virus "X" (fig. 5). Ambos virus, por separado son de poca patogenicidad sobre el huésped, pero en conjunto producen efectos muy graves. La separación de los virus del grupo complejo se efectúa en base a sus propiedades individuales. Por ejemplo, virus "X" y virus "Y" se separan teniendo en cuenta que el primero no se transmite por insectos, mientras que el segundo sí. Alimentando *Myzus persicae* Sulz. en la planta enferma con ambos virus y transfiriéndolos a un nuevo huésped, se elimina virus "X". *Datura stramonium* es inmune a virus "Y", de modo que inoculando jugos con ambos virus a esta solanácea se obtiene solo el virus "X".

MÉTODOS DE TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN.—En condiciones de invernáculo se utilizan comúnmente tres métodos: injerto, inoculación de jugos y por los insectos vectores. Pero la propagación a campo ocurre de muchas maneras. a) *Por inoculación de jugos.* Para algunos virus basta efectuar un macerado en mortero de hojas enfermas y luego frotar suavemente con el mismo pilón, a las hojas o tallos de la planta para obtener un alto porcentaje de infectividad. A veces se le agrega polvo carborundum para facilitar la producción de heridas. Las plantas inoculadas con jugos se riegan de inmediato suavemente con una tenue lluvia para favorecer la posibilidad de éxito. Muchos virus se transmiten fácilmente de este modo sobre todo en plantas jóvenes. El período de incubación, o sea el tiempo que transcurre desde la inoculación hasta la aparición de los primeros síntomas, depende del virus y del huésped. Normalmente 6 a 15 días según temperatura. Uno de los virus que no se transmite por este método es virus "leaf roll" de la papa, el cual sólo se consigue por injerto y por pulgones. Los virus mejor estudiados son los que se transmiten por inoculación, pues pueden conocerse sus propiedades *in vitro* fácilmente.

b) *Por insectos.* Los insectos son los difusores a campo de la mayoría de los virus. Casi todos los virus de las plantas son transmitidos por insectos, aunque algunos de ellos (virus "X" de la papa, mosaico del tabaco) a pesar de su alta infectividad no ha sido posible transmitirlos por insectos. El virus "X" de la papa, a pesar de ser tan común, hasta tal punto que ninguna de las variedades norteamericanas está libre de este virus, según reconocen diversos autores, no ha sido posible encontrar su insecto vector a campo.

En el mosaico del tabaco tampoco ha sido probado fehacientemente su transmisibilidad por insectos.

Hoggan (1929) manifiesta que el *Myzus persicae* es incapaz de transmitir el virus del mosaico del tabaco a plantas de tabaco y que este insecto aparentemente no puede transmitir dicho virus. De cualquier forma, el virus del mosaico del tabaco, uno de los más infectivos que se conocen, es difícilmente transmisible por insectos. La transmisión por insectos es de gran importancia para la determinación de virus, hasta tal punto que algunos autores han hecho como primera división, su transmisibilidad o no por insectos. El período por el cual un virus mantiene su poder infectivo dentro del insecto vector, ha dado lugar a las autoras inglesas Watson y Roberts (1939) a la clasificación de los virus en dos tipos: "virus persistentes", grupo de virus en el cual los insectos permanecen vectores por mucho tiempo (virus "leaf roll" de la papa, por ejemplo) y "no persistentes", cuando el virus en los insectos pierde rápidamente su infectividad (ej. virus "Y" de la papa). Así Bawden (1943) cita que el *Myzus persicae*, insecto capaz de transmitir el 90 % de los virus de las plantas, alimentado en plantas de papa por una hora, infectadas con virus "Y" y virus "leaf roll", puede tomar los dos virus simultáneamente, y transferido luego a plantas sanas, ocurrirá que durante las 12 primeras horas transmitirá sólo el virus "Y". Después de un día o más, transmitirá virus "leaf roll", pero no virus "Y". El período latente o sea el tiempo que transcurre desde que el virus es tomado por el vector hasta que éste puede inocularlo, varía según el virus. El mismo caso del *Myzus persicae*, citado por Bawden, a los 30 minutos ya transmite el virus del mosaico amarillo de la remolacha; a las 12 horas el mosaico de la arveja; a las 24 horas el virus "leaf roll" de la papa.

Entre los vectores de virus, los áfidos son los más activos y los que más virus transmiten. Numerosas otras especies han sido halladas o comprobadas entre las más variadas familias de insectos.

c) *Por injerto.* Es un axioma de que todos los virus se transmiten por injerto, naturalmente cuando ellos son sistémicos o generalizados. El método de injerto es el común, pero en condiciones de invernáculo, especialmente cuando se trata de plantas de tallos herbáceos como papa, tomate, etcétera, el injerto se hace envolviéndolo con cinta de goma pura y pegándola con una gota de solución de goma, llevando la planta injertada a cámara húmeda por unos 10 días.

d) *Por semilla.* Como regla general puede afirmarse que los virus no se transmiten por semilla, aunque existen algunos casos comprobados (mosaico del haba).

e) *Por el suelo.* Tampoco se transmite por el suelo aunque algunos casos son citados (mosaico del tabaco, por cuanto persiste en

el rastrojo). En general los virus no se transmiten de esta forma.

f) *Por tubérculos, rizomas, bulbos, etc.* Como norma general los virus sistémicos o generalizados se transmiten por cualquier parte de la planta. Los tubérculos, bulbos, rizomas y estacas son órganos por los cuales se transmiten los virus que afectan a plantas que se reproducen de esta forma. El tubérculo de papa es el órgano por el cual se propagan de año a año la mayoría de los virus que afectan a este cultivo. La certificación tiende a garantizar la ausencia de virus en tubérculos.

g) *Por contacto de las partes vegetativas a campo.* Loughnane y Murphy (1938 y 1938a) comprobaron que el virus "X" de la papa es transmitido por el contacto de las hojas y tallos de plantas inyectadas a plantas sanas y hoy se cree que esta es la forma de propagación a campo.

h) *Por Cuscuta sp.* Es un elemento de utilidad para transmitir el virus de una planta a otra por medio de esta convolvulácea, especialmente cuando se quiere llevar el virus de plantas leñosas a plantas herbáceas. La cuscuta lo llevará de una a otra, al ponerse en contacto por sus haustorios.

i) *Por el polen.* Algunos investigadores afirman haber obtenido resultados positivos en la transmisión de virus por el polen pero son casos aislados, por lo que puede asegurarse que ello no es común.

RAZAS DE LOS VIRUS. — ¿Hasta dónde los virus son entidades fijas? Jensen (1936)¹ manifiesta haber aislado 51 razas del mosaico amarillo del tabaco, habiendo agregado en años siguientes nuevas razas. Manifiesta que la aparición de razas de los virus puede compararse con la mutación en las plantas. Además tomando la raza amarilla, tipo aucuba, e inoculándola en *Nicotiana glutinosa* que reacciona con manchas necróticas aisladas, correspondientes al lugar de penetración del virus, obtuvo de esas manchas 26 nuevas razas del cultivo aún repitiendo hasta diez veces una misma lesión de la forma amarilla. Salaman (1938) determinó varias razas del virus "X" de la papa. Una de las características más notables de las razas de los virus es la acción protectora que ejercen en el huésped contra razas más patógenas serológicamente relacionadas, y se pensó que este método fuera una gran posibilidad para el control de aquellos virus de mayor patogenicidad, pero ello ofrece inconvenientes. Salaman (1933) da una explicación sobre la interacción de las razas serológicamente relacionadas, diciendo que parece ser que cuando las células de las plantas han formado una unión simbiótica con la raza no virulenta del virus,

(1) Ver también *Phytopath.* 26: 266-267, 1936 y 27: 89-83, 1937.

ellas no tienen capacidad para entrar en relación con otros virus más virulentos del mismo tipo, y Sadasivan (1940) indica que el mecanismo por el cual tiene lugar este estado de inmunidad es desconocido, pero sólo existe mientras que la planta contiene una raza del virus en forma activa. Henderson Smith (1938) sugiere que una forma de controlar el virus "X" de la papa, podría serlo haciendo una infección general con razas levemente patógenas o aparentemente inocuas y que así los cultivos podrían ser protegidos contra futuras infecciones por razas más patógenas. Variantes en la patogenicidad pueden ser producidas artificialmente. El virus del mosaico del tabaco, calentado a altas temperaturas da un virus atenuado, en algunos casos. Con irradiaciones de rayos X, algunos autores manifiestan haber obtenido mutaciones, pero el hecho es que en la naturaleza ocurren frecuentemente.

INMUNIDAD.—La única evidencia de inmunidad que existe es la protección que causa contra un virus otro, ya existente en el huésped, pero perteneciente a la misma raza o serológicamente relacionado. La inmunidad no es un carácter de las plantas, como lo es en los animales y en el hombre, pues aquéllas carecen de la facultad de formar anticuerpos comparables a los que producen los animales que han adquirido inmunidad. En casos donde las plantas parecen haberse recuperado (*Nicotiana virus 12 y 13*) aún existiendo el virus dentro del huésped, las nuevas hojas, después de un intenso ataque se observan sanas, pero inoculadas a nuevas plantas reproducen la enfermedad, por lo que el virus existe enmascarado.

ENMASCARAMIENTO. PLANTAS TOLERANTES.—Son dos conceptos diferentes. Enmascaramiento suele ocurrir en plantas que alguna vez han mostrado síntomas, pero que por razones de temperatura, luz u otros factores, la planta parece haberse recuperado. El virus existe y cambiando esos factores puede volverse patógeno y la planta mostrar síntomas. El virus "X" de la papa parece ser enmascarado a altas temperaturas e intensa radiación solar. Numerosos ejemplos de enmascaramiento de síntomas se citan en la literatura. Plantas tolerantes son aquellas que no reaccionan con ningún síntoma a la penetración o infección de virus y su existencia se pone en evidencia por inoculación a otros huéspedes susceptibles. Los ejemplos son numerosos y la importancia económica es grande porque pueden ser difusores de enfermedades. Bennett y Costa (1947) obtuvieron el virus de la "tristeza" o "podredumbre de raicillas del naranjo" de especies que no mostraban síntomas, y diferentes al tipo de combinación en el cual ocasiona su mayor destructividad (pie agrio injertado). El virus "E" de la papa es llevado sin síntomas en la variedad "King Edward", pero injertada esta planta,

perfectamente normal, a otras variedades, produce un severo mosaico. En la variedad "Up to Date" pueden ser hallados habitualmente algunos de los virus "A", "X", "Y" y "B" sin que la planta manifieste ninguna anomalía. Plantas portadoras de virus sin síntomas son fuente de infección y propagación de virus a campo, especialmente cuando con ellas se cultivan otras susceptibles y cuando los virus que son llevados en plantas portadoras son transmitidos por insectos, como el virus "Y" de la papa.

MOVIMIENTO DE LOS VIRUS EN EL HUÉSPED. — En muchas de las infecciones de virus, éstos pronto se generalizan, alcanzando a toda la planta, manifestando sus primeros síntomas en las hojas nuevas y brotes terminales. En otros casos, el huésped reacciona produciendo manchas necróticas en el lugar de penetración, formando verdaderas barreras para el avance de los virus, localizándolos. *Nicotiana glutinosa* reacciona al mosaico del tabaco de esta última forma y es un huésped valioso, pues con ello se puede establecer el grado de concentración de los virus en los jugos. Prácticamente tiene importancia: los investigadores escoceses crearon una variedad de papas (Craig's Defiance) que reacciona por "top necrosis" a ciertos virus "A", "B", "C" y "X"; esta hipersensibilidad hace que sea resistente a campo, pues el virus difícilmente alcanza el tubérculo. Los virus se mueven sólo a través de los tejidos vivos y parecen moverse lentamente por las corrientes protoplasmáticas celulares, pero cuando alcanzan el floema, el movimiento es rápido hasta alcanzar las raíces, ascendiendo después con las sales y elementos nutritivos absorbidos por las raíces. Samuel G. (Ann. Appl. Biol. 21: 90, 1934) demostró esta trayectoria en plantas de tomate inoculadas con mosaico del tabaco: en 4 días había alcanzado las raíces; al 5º día de inoculado aparecieron los síntomas en las cuatro hojas superiores, descendiendo en forma irregular por el resto de las hojas de la planta hasta que a los 25 días se hallaba totalmente generalizado.

Los virus. — Bawden (1943) dice: "Un virus es un parásito obligado, con una dimensión al menos, menor de 200 μ " y el mismo autor agrega que las características que distinguen a los virus pueden ser resumidas como capacidad de producir enfermedades e incapacidad de multiplicarse *in vitro* en los métodos de cultivo comunes y también el tamaño reducido comparado con otros tipos de microorganismos parásitos conocidos.

La naturaleza de los virus está en discusión desde que se ha descubierto su existencia. Ninguna de las teorías existentes ha tenido una comprobación experimental definitiva hasta el presente y podrá pasar mucho tiempo antes que se conozca su verdadera naturaleza. Cook (1947) manifiesta que si los agentes causales de las enfer-

medades de virus son debidos a bacterias o a microorganismos parecidos, a protozoarios o a microorganismos parecidos, el agente causal puede ser clasificado como viviente. Si son debidos a enzimas, proteínas u otras partículas químicas, pueden ser clasificados como no vivientes o como puente entre lo que nosotros entendemos por cosa viviente y no viviente. En base a estas dos hipótesis se han originado diversos argumentos: quienes sostienen que los virus son organismos vivientes expresan: 1) Se reproducen o se multiplican por sí mismos; 2) Algunos virus que afentan a los animales pueden ser cultivados en huéspedes o tejidos con células vivas, aunque los virus de las plantas nunca han sido cultivados; 3) Algunos de ellos pueden adaptarse a nuevas especies de plantas, diferentes a las que usualmente parasitan; 4) Son inactivados por ciertos compuestos químicos y por el calor, como las bacterias, aunque varía mucho la reacción de cada uno a los diferentes compuestos químicos y a la temperatura; 5) Pueden ser destruidos por los rayos ultravioleta y a este respecto se parecen a las bacterias o a los genes; 6) El comportamiento serológico indica un parecido con las bacterias, aunque sus reacciones son comparables a proteínas. Quienes argumentan de que los virus no son organismos vivientes alegan: 1) Son extremadamente reducidos en tamaño; 2) Tienen gran similitud con algunas sustancias químicas, como las enzimas, que se generan en forma parecida; 3) Pueden ser precipitados por varios compuestos químicos, y 4) Que algunos de ellos, posiblemente todos, pueden ser cristalizados y que estos cristales pueden producir la misma enfermedad cuando se inoculan en una planta sana. El lector podrá encontrar una amplia discusión en los libros de Bawden (1943) y Cook (1947) en donde se exponen las diversas teorías existentes con amplio espíritu analítico.

ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS VIRUS.— Los virus, al igual que ciertos microorganismos, son sensibles a la acción de determinados compuestos químicos, altas temperaturas, pH, enzimas, etcétera. Esa mayor o menor sensibilidad se utiliza frecuentemente también para la identificación y separación en los grupos complejos. Así el virus "Y" de la papa se inactiva a 52°C durante 10 minutos, mientras que el virus "X" se inactiva a 68°C. Los mismos virus pierden capacidad infectiva según el grado de dilución, pues mientras el virus "X" produce infección en diluciones 1:10.000, el virus "Y" prácticamente pierde toda capacidad infectiva en diluciones 1:1.000 y así se podrían citar diversos ejemplos.

α) *Temperatura.* Los virus son muy sensibles a las temperaturas altas y puede afirmarse que ninguno resiste los 100°C durante

(1) Tesis inédita. Botany School. Cambridge, 1944.

10 minutos. El virus causal del bronceado del tomate (*Lycopersicum virus 3*) se inactiva a 42°C, factor que se considera importante para el control de la enfermedad en condiciones naturales. Las bajas temperaturas producen muy poco grado de inactivación en los virus, pues el virus del mosaico del tabaco puede congelarse y descongelarse repetidas veces sin que pierda su infectividad. Esta característica también es común a las bacterias. García Cabral (1) mantuvo durante nueve meses cultivos de *Xanthomonas begoniae* a temperatura de 20°C bajo cero, sin que hubiera perdido su vitalidad ni su virulencia.

b) *Desecamiento*. La inactivación por desecamiento *in vitro* varía según los virus que se consideren, mientras que muchos de ellos pierden su infectividad por desecamiento (*Lycopersicum virus 3*); otros mantienen su infectividad por tiempo aún no determinado como *Nicotiana virus 1*, causante del mosaico del tabaco, el cual puede ser aislado sin dificultad en tabacos manufacturados.

c) *Envejecimiento*. Se considera el jugo de plantas enfermas mantenido a temperatura de laboratorio. La inactivación por envejecimiento suele ser más rápida que por desecamiento. Para la mayoría de los virus es sólo de algunas horas y ello parece estar relacionado con una oxidación de los jugos, pues en el caso del virus "Y" de la papa esta inactivación puede ser retardada con el agregado de algún agente reductor, como sulfito de sodio o el mantenimiento de los jugos a bajas temperaturas (Bawden 1943).

d) *Acidos y otros productos químicos*. Muchos productos químicos actúan más o menos violentamente inactivando los virus, lo cual depende del grado de concentración de dichos componentes. Bawden (1943) divide esta actuación en tres formas: inhibición o neutralización (es reversible): la acción del virus se pone de manifiesto cuando se neutraliza el agente inhibidor. La tripsina actúa como inhibidor del mosaico del tabaco, pero eliminada la acción de ésta por el calor, el virus recobra su infectividad. La segunda no es fácilmente reversible, pero la pérdida de infectividad no es acompañada por cambios marcados en la naturaleza del virus, pues pierde su infectividad pero mantiene sus propiedades físico-químicas y serológicas. Esto ocurre con la aplicación de ciertos agentes (formaldehida, ácido nitroso, peróxido de hidrógeno y también por la acción de los rayos X y ultravioleta). Finalmente la reacción que conduce a la pérdida de infectividad por desnaturalización o destrucción del virus con la pérdida de todas sus características: bicloruro de mercurio, cianuro de potasio, producen una inactivación casi instantánea en la mayoría de los virus, aún en pequeñas concentraciones. El alcohol etílico produce inactivación en algunos virus, variando con el tiempo de contacto y la dilución de aquél.

e) *Dilución*. El punto final de dilución varía según el virus que se considere; mientras el mosaico del tabaco produce infecciones en 1:1.000.000, otro, el *Nicotiana virus 13*, parece perder su capacidad infectiva en diluciones entre 1:100 y 1:1.000.

f) *Filtrabilidad*. La filtrabilidad por los filtros bacteriológicos donde quedan retenidas las bacterias más ínfimas, es una característica de los virus, aunque este hecho es relativo, desde que numerosos factores pueden favorecer o dificultar la filtración. El virus del mosaico del tabaco filtra a través de toda la gradación de bujías, mientras que el virus "Y" de la papa no filtra por la bujía L1 por la cual ciertas bacterias pueden pasar (Bawden 1943). Esta condición puede estar relacionada con la concentración del virus dentro del jugo, con la carga eléctrica de las partículas, etc. Para obviar estas dificultades de la carga eléctrica de las partículas que integran los filtros Pasteur-Chamberland, Elford (1933) ha ideado métodos para la preparación de membranas de colodión con poros de medida uniforme, las cuales pueden ser hechas por coagulación de una mezcla de éter, acetona, alcohol y colodión, pudiendo alterarse la medida de los poros dentro de ciertos límites. Smith (1933)¹ ha demostrado que ciertos virus de las plantas que eran incapaces de pasar por filtros Pasteur-Chamberland, cuyos poros variaban entre 5 y 6 μ , pasaron por filtros de colodión con poros de un diámetro de 200 μ (Bawden 1943).

REACCIONES SEROLÓGICAS.—Las reacciones serológicas son de suma importancia para la identificación de los virus y ello puede hacerse con bastante seguridad en un mínimo de tiempo, mientras que la verificación por el método de inoculación en los huéspedes diferenciales lleva mucho tiempo. Los sueros preparados para un determinado virus, reaccionan a ese virus y a sus razas, cualquiera sea la planta donde se obtengan. El primer intento de utilizar las reacciones serológicas en la determinación de virus fué hecho por Dvorak en 1927; pero fué Beale (1929-1941) quien demostró su importancia e indicó las múltiples aplicaciones que ahora se sabe tienen (Bawden, 1943). Una amplia información sobre métodos y propiedades serológicas puede ser hallado en los trabajos de Topley y Wilson (1937), Chester (1937) y Bawden (1943).

CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS.—A pesar de todos los intentos de buscar una clasificación de los virus que permita identificarlos y mantenerlos como entidades definidas, ninguna de ellas ha sido aceptada universalmente y la dificultad está en clasificar como entidad a agentes o elementos de naturaleza poco conocida. Sin embargo, merced al trabajo de numerosos investigadores en materia

(1) Citado por Bawden (1943).

de clasificación o agrupación, el caos que presenta la descripción y denominación de cada autor que los ha estudiado, se ha simplificado mucho. En 1937 K. M. Smith publicó su *Textbook of Plant Virus Diseases*, en donde introduce un sistema de clasificación y un ordenamiento de los mismos que permite identificarlos y compararlos fácilmente. Smith divide a los virus en grupos, 51 en total, cada uno de los cuales corresponde al nombre genérico del huésped donde primero fueron hallados. Para la papa incluye bajo la denominación *Solanum virus*, 18 tipos de virus que van desde *Solanum virus 1* a *Solanum virus 18*. Holmes (1939) y más recientemente (1948) presenta un ingenioso método de clasificación basado en el sistema binomial utilizado para las especies. En la clasificación o agrupación hecha en 1948, una de las claves más completas hechas hasta el presente, bajo el orden Virales, agrupa a todos los virus, tanto los que afectan a bacterias como animales y plantas y constituyen el orden 13 familias, 32 géneros y 248 especies. Numerosas otras clasificaciones o sistemas de agrupación fueron hechos por diversos autores (Bennett 1939, Fawcett 1940, McKinney 1944 y otros). Cook (1947) expresa que para hacer determinaciones seguras de virus deberán tomarse en cuenta: síntomas, caracteres histológicos y citológicos, el huésped, métodos de transmisión y estudios serológicos de los virus. Concluye diciendo: Sin embargo, es evidente que una buena descripción de ambos, síntomas de la enfermedad y agente causal, es muy importante y que debemos conocer más acerca de los virus y de las reacciones del huésped antes de poder hacer descripciones más satisfactorias y la clasificación de los mismos.

DAÑOS. — Los virus ocasionan daños de extraordinaria importancia en la mayoría de los cultivos; en papa son la causa directa de la degeneración, a la cual contribuyen principalmente tres: virus "X", virus "Y" y virus "leaf roll". En otras plantas hortícolas como tomate, pimiento, su cultivo se ve seriamente disminuido por algunos virus (*Lycopersicum virus 3*, *Nicotiana virus 1*, virus "X"). Sobre tabaco actúan virus que en ciertas regiones disminuyen su rendimiento (*Nicotiana virus 1*, *Lycopersicum virus 3*). Recientemente se ha comprobado que la muerte de millones de plantas de naranjo dulce injertado sobre pie agrio es debida a un virus y ello ha ocasionado a nuestro país una crisis en la producción citrícola. La caña de azúcar, especialmente ciertas variedades, sufre intensos ataques por el virus causal del mosaico (*Saccharum virus 1* y sus razas), y así numerosas otras especies pueden ser citadas como afectadas por uno o más virus, con disminución de su rendimiento: remolacha azucarera, numerosas especies de cucurbitáceas, durazneros, vides, frutilla, apio, maíz, trigo, arroz, etc.

Para Samuel (1943) el estudio de las enfermedades de virus de la papa es el problema más importante de la patología vegetal en Inglaterra. Afirma que cada año más de 300.000 toneladas de semilla procedente de Escocia, Irlanda y Gales se llevan a aquel país, la cual, en el espacio de dos o tres años, tiene que renovarse por tornarse inadecuada para futura semilla, debido a su casi completa degeneración.

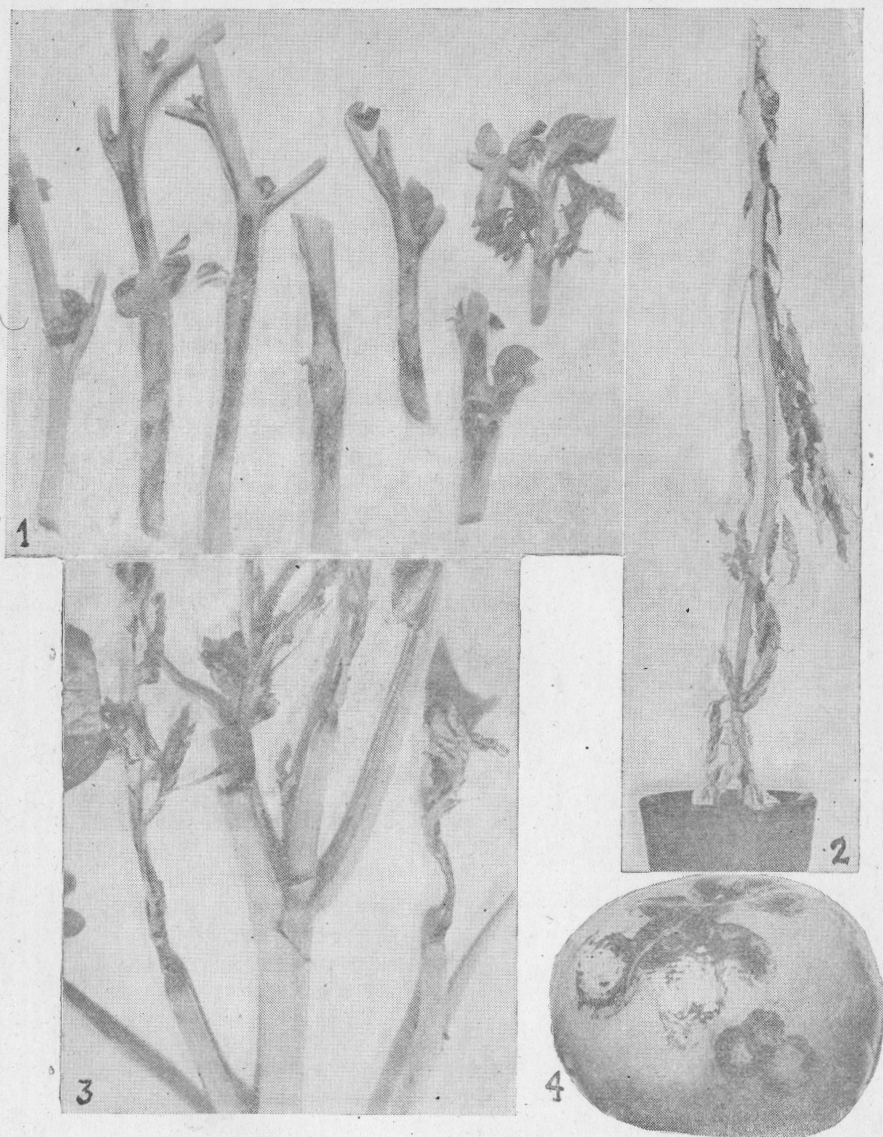
CONTROL. — A diferencia de ataques de hongos o bacterias, los cuales pueden ser prevenidos y aún curados por tratamientos adecuados, los virus, una vez inoculados o introducidos en las plantas, no pueden ser destruidos sino con la destrucción del huésped. La planta difícilmente se recupera y por lo tanto mantiene el virus durante toda su existencia. Más aun, todas sus partes vegetativas, utilizadas para perpetuar el cultivo, mantienen los virus de un año a otro, siendo esta una de las principales formas de propagación, de año a año en papas. El problema del control se complica más aún desde que muchos huéspedes son portadores de virus sin síntomas, que si bien no manifiestan patogenicidad en el huésped donde se hallan, al ser transferidos a otros por insectos y otros medios, éstos exhiben una marcada virulencia y destructividad. La gran cantidad de huéspedes, conocidos o desconocidos, que puede tener un virus, hace que entre las malezas que rodean los cultivos puedan invernar o servir de focos de propagación. Para tubérculos, bulbos y rizomas se ha impuesto en casi todos los países un sistema de certificación del producto destinado a exportación o al mantenimiento del cultivo en las mejores condiciones de sanidad, y aunque este sistema es el mejor método que se conoce actualmente, él adolece de dificultades para garantizar un bajo índice de infección: primero porque no siempre es fácil observar síntomas de virus en muchas plantas que los tienen, segundo porque pueden ocurrir infecciones a último momento en los cultivos que escapan a los inspectores, por cuanto las plantas no alcanzan a exhibir síntomas. Por otra parte, no siempre se cuenta con personal competente para una buena certificación. En el caso de la papa un método más conveniente pero muy costoso es la determinación anticipada de su estado sanitario, bien sea en cultivos en zonas subtropicales, como podría ser el norte del país, o bajo condiciones de invernáculo verificando su sanidad en huéspedes diferenciales. Muchas precauciones contribuirían a disminuir la propagación de virus: desinfección del cuchillo en cada tubérculo que se corta (virus "X" de la papa parece transmitirse también por este método), procurar que los injertos correspondan a plantas sanas, lavarse abundantemente las manos con agua y jabón en los trabajos culturales de tabaco, tomate, pimiento, especialmente cuando se trata de fumadores en

pipa o que ellos mismos preparan sus cigarrillos. El virus del mosaico del tabaco se transmite rápidamente de esta forma. Eliminar cualquier planta enferma de virus ni bien se note su existencia en los cultivos, por cuanto es fuente de infección para el resto de las plantas. Cuando sea económicamente posible, pulverizar contra los insectos vectores y finalmente el uso de variedades resistentes como método ideal, cuando éstas existan.

BIBLIOGRAFIA

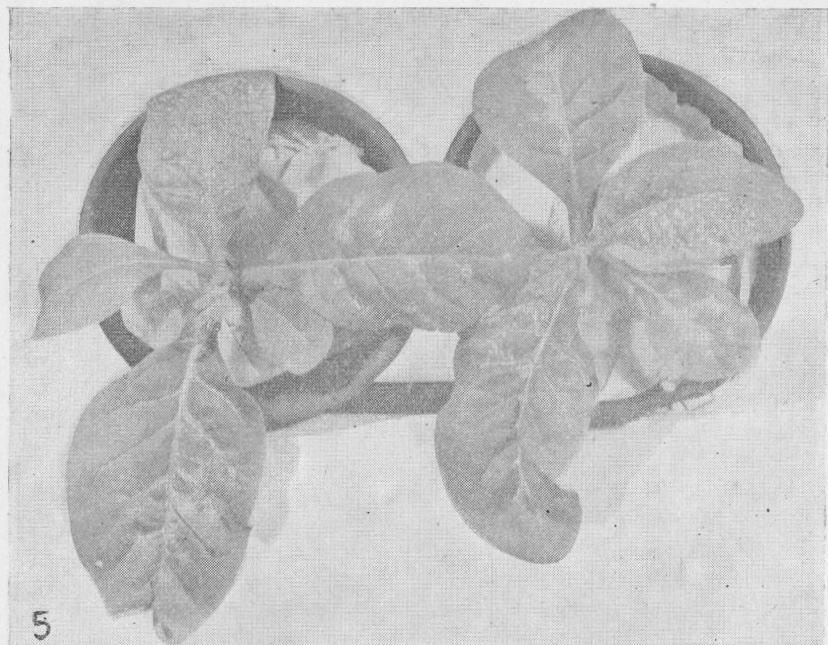
- 1—BAUR, Erwin. 1904. On the etiology of infectious variegation. *Phytopathological Classics* N. 7: 53-62, 1942.
- 2—BAWDEN, F. C. 1943. *Plant Viruses and Virus Diseases*, 294 pág. *Chronica Botanica Company*.
- 3—BEALE, H. P. 1929. Immunologic reactions with tobacco mosaic virus. *Jour. Exp. Med.* 49: 919-935.
- 4— 1931. Specificity of the precipitin reaction of tobacco mosaic disease. *Jour. Exp. Med.* 54: 463-473.
- 5—BEIJERINCK, Martinus W. 1898. Concerning a contagium vivum fluidum as a cause of spot-disease of tobacco leaves. *Phytopathological Classics* N. 7: 33-52, 1942.
- 6—BENNETT, C. W. 1939. The nomenclature of plant viruses. *Phytopath.* 29: 422-430.
- 7—BENNETT, C. W. y COSTA A. S. 1947. A preliminary report of work at Campinas, Brazil on tristeza disease of citrus. *Florida State Horticultural Society*, 11-16.
- 8—COOK, Melville T. 1947. *Viruses and Virus diseases of Plants*. 239 pág. Burgess Publ. Co. Minn.
- 9—CHESTER, K. S. 1937. Serological studies of plant viruses. *Phytopath.* 27: 903-912.
- 10—ELFORD, W. J. 1933. The principles of ultrafiltration as applied in biological studies. *Proc. Roy. Soc. B.* 112 pp. 384-406.
- 11—FAWCETT, H. S. 1940. Suggestions on plant virus nomenclature as exemplified by names for citrus viruses. *Science (N. S.)* 92: 559-561.
- 12—HENDERSON SMITH, J. 1938. Some recent development in virus research. *Ann. Appl. Biol.* 25: 227-243.
- 13—HOGGAN, I. A. 1929. The peach aphids (*Myzus persicae* Sulz) as an agent in virus transmission. *Phytopath.* 19: 109-123.
- 14—HOLMES, F. O. 1939. *Handbook of phytopathogenic viruses*.
- 15— 1948. Filterable viruses (in *Bergey's Manual of Determinative bacteriology*, Sixth Edition: 1127-1286).
- 16—IWANOWSKI, Dimitri. 1892. Concerning the mosaic disease of the tobacco plant. *Phytopath. Classics* N. 7: 27-30.
- 17—JENSEN, J. H. 1933. Isolation of yellow-mosaic virus from plants infected with tobacco mosaic. *Phytopath.* 23: 964-974.

- 18 — LOUGHNANE, J. B. and Paul A. Murphy. 1938. Mode of dissemination of potato virus "X". *Nature*, London 141: 120.
- 19 — 1938a. Dissemination of potato viruses X and F by leaf contact. *Sci. Proc. R. Dublin Soc.* 22: 1-15.
- 20 — MAYER, Adolf. 1886. Concerning the mosaic disease of tobacco. *Phytopathological Classics* N. 7: 11-24.
- 21 — MCKINNEY, H. H. 1944. Genera of the plant viruses. *Journ. Wash. Acad. Sci.* 34: 139-154.
- 22 — SADASIVAN, T. S. 1940. A quantitative study of the interaction of viruses in plants. *Ann. Appl. Biol.* 27: 359-367.
- 23 — SALAMAN, Redcliffe N. 1933. Protective inoculations against plant virus. *Nature*, London 131: 468.
- 24 — 1938. The potato virus "X": its strains and reactions. *Philos. Trans. Royal Soc. Lond. B.* 229: 137-217.
- 25 — SAMUEL, G. 1943. Potato virus diseases: introduction. *Ann. Appl. Biol.* 30: 80-82.
- 26 — SMITH, Erwin F. 1888. Peach yellows. A preliminary report. *U. S. Dep. Agr. Div. of Botany Bull.* 9.
- 27 — 1891. On the comunicability of Peach Yellows, etc. *Bull. U. S. Div. Veg. Path.* N. 1: 65 pág.
- 28 — SMITH, Kenneth M. 1933. Recent advances in the study of Plant Viruses. 423 pág. London.
- 29 — 1937. Textbook of Plant Virus diseases. 615 pág. London.
- 30 — TOPLEY, W. W. C. and G. S. WILSON, 1937. The principles of bacteriology and immunity. London.
- 31 — VITORIA, Enrique R. 1946. La estría negra del tomate. *Min. Agr. Nación Inst. San. Veg. Año II, Serie a, N. 14, 20 págs.*
- 32 — WATSON, M. A. and F. M. ROBERTS, 1939. A comparative study of the transmission of Hyoscyamus Virus 3, Potato Virus Y and Cucumber Virus 1 by the vectors *Myzus persicae* (Sulz), *M. circumflexus* (Buckton) and *Macrosiphum gei* (Koch). *Proc. Royal Soc. London B.*: 127: 543-576.



LAMINA I. - *Lycopersicum virus 3*:

1. Síntomas sobre papa var. Katahdin en infección natural. Nótese las estrias negras en los tallos. - 3. Síntomas sobre papa var. White Rose. Aquí sólo hubo muerte de los brotes ("top necrosis"), pero no estrias en los tallos. - 2. Tomate. Estado de una planta a los quince días de su inoculación con L. V. 3. - 4. Anillos necróticos en frutos de tomate de plantas naturalmente infectadas.



LAMINA II. - *Lycopersicum virus 3:*

5. Tabaco var. White Burley. Obsérvense los anillos concéntricos en las hojas inoculadas y las líneas necróticas por las nervaduras. A los pocos días de haber aparecido estas lesiones locales, se notan los síntomas secundarios o sistemáticos en las hojas nuevas. - 6. *Datura Stramonium*. Lesiones locales en las hojas inoculadas y la generalización posterior del virus a toda la planta puede observarse por los síntomas en las hojas de los brotes.

(Fotografías del autor)