

A LA CAZA DE LOS VIRUS FITOPATOGENOS

por el prof. Dr. G. FOLLMAN

(Jefe del Laboratorio de Fisiología Celular de la
Escuela de Agronomía)

y por el ayudante ROBERTO EHRENFELD

Ya en tiempos del médico alemán R. KOCH, llamado "el padre de la bacteriología", la ciencia trataba de descubrir el misterio que rodeaba a aquellas enfermedades infecciosas que no eran causadas por bacterias ni por hongos. Sin embargo, todos los esfuerzos para demostrar la existencia de estos "virus" (del latino virus = toxina), fracasaban, ya que a diferencia de los hongos y bacterias, no se podían ver con un microscopio sencillo. En la fotografía tomada con un microscopio electrónico, vemos en la figura 1, cuán frágiles y delgados son los virus vegetales comparados con los flagelos de bacterias.

Desde fines del siglo pasado, hasta alrededor de 1930, se obtuvieron algunos conocimientos acerca de estos misteriosos agentes patógenos. Cada año se descubrieron nuevas virosis y aparecieron teorías que trataban de explicar su formación y propagación, pero lo que se demostró fue poco ya que aún no se había visto un virus. Incluso, cuando las investigaciones bacteriológicas lograron mejores técnicas, quedó una característica todavía sin conocer, como era su forma, ya que para solucionar este problema y establecer su tamaño con ayuda de mediciones indirectas como son las ultrafiltraciones, no se llegó a ningún resultado satisfactorio.

En 1935 el microbiólogo norteamericano W. M. STANLEY sorprendió a los científicos del ramo, con la noticia de que la cristalización del causante del "mosaico del tabaco" (*Marmor tabaci* HOLMES, *tabacco mosaic virus*) había sido efectiva y que los cristales aislados presentaban características de proteínas. Debido a la gran importancia de este descubrimiento, se le adjudicó el Premio NOBEL. Cuatro años después, tres físicos alemanes lograron fotografiar con un microscopio electrónico partículas de virus. Estas láminas fueron tomadas con aumentos de varios miles de veces. En la fotografía se pudo observar finas y rígidas varillas, viéndose que los virus eran mucho más sencillos que los organismos más primitivos, pero su composición estructural y química resultó ser tan compleja, que muchos científicos del Viejo y del Nuevo Mundo se han dedicado por completo a solucionar estos problemas.

Con la invención del microscopio electrónico, se ha comenzado un nuevo capítulo en la investigación de los virus: con el microscopio sencillo, se consiguen unos 2.000 aumentos, mientras que por medio de las radiaciones electrónicas pueden alcanzarse 100.000. Es así como las células de bacterias, que con el micros-

copio corriente se ven como pequeños puntitos, aparecen en la pantalla del microscopio electrónico como verdaderas islas (Fig. 1). Los virus presentan forma de esferas (Fig. 2), hilos (Fig. 1) y varillas (Fig. 3), pudiendo medirse ahora por consiguiente con bastante exactitud. El conocimiento de su estructura interior, se hizo posible mediante análisis estructurales hechos con rayos RÖNTGEN.

Independientemente de su forma exterior, la mayoría de los virus pueden provocar en las hojas de los huéspedes, como también en los tallos y flores, una especie de encarrujamiento, fuertes necrosis en forma de manchas, hipertrofias en forma de agallas, descoloración de la superficie foliar en forma estriada o de mosaicos (Fig. 4-7). También pueden presentarse ataques latentes, los cuales no originan síntomas visibles, como en el caso anterior. Además, pueden ocurrir transformaciones morfológicas como inhibiciones en el crecimiento de los brotes o raíces, o también deformaciones en los frutos. Resumiendo, diremos que ningún órgano vegetal, está protegido en forma especial contra el ataque de virus.

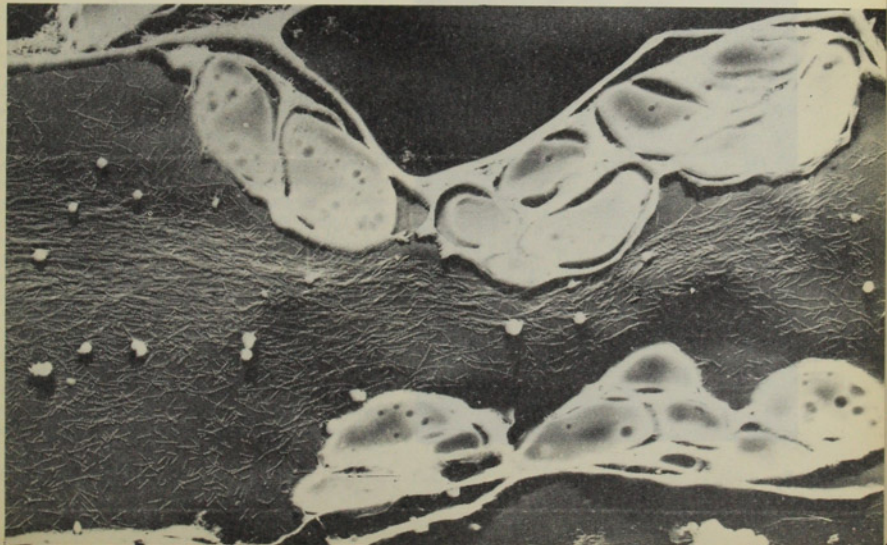
Sin embargo, hay que recalcar que no siempre una infección de virus provoca daño, disminución de la producción o calidad de la planta atacada, sino que también puede serle favorable. Sin ir más lejos, en jardinería podemos apreciar ejemplares hermosos con fines ornamentales, que han sido atacados por virus (*Marmor tulipae* HOLMES [Fig. 4]). Durante el siglo XVII se pagaban enormes sumas de dinero por bulbos de tulipanes enfermos, lo que actualmente resultaría increíble e imposible. Así, por ejemplo, en 1635 se pagó por un ejemplar, el cual producía flores de color rojo encendido matizado de blanco ("variegación infecciosa del tulipán", *tulip breaking virus*), 5.500 florines de oro holandeses, que en la actualidad equivalen a varios miles de escudos chilenos.

También, el apreciado "mosaico de la huella" (*Marmor abutilon* HOLMES, *abutilon infectious variegation virus*) es provocado por un virus inofensivo. Esta virosis es una de las pocas que se pueden atacar por medio de elevadas temperaturas. Un experimento sencillo demuestra que después de tres o cuatro semanas de permanencia en una cámara climática a la temperatura de 36°C, las hojas nuevas brotan sanas, y si la planta permanece ahí por un tiempo más prolongado, sanará por completo. Menos benigno es, por ejemplo, el "mosaico de la dalia" (*Marmor dahliae* HOLMES, *dahlia rugose mosaic virus*), el cual no ejerce mucha influencia en las hojas, pero en cambio modifica notablemente el crecimiento de la planta y la cantidad de flores. El virus que provoca la "aspermia del crisantemo" (*Chrysanthemumvirus deformans* RYSHK., *chrysanthemum aspermy virus*) apenas se manifiesta sintomatológicamente en las hojas pero sí afecta a las flores compuestas que son más pequeñas y que adquieren un colorido verde y una forma irregular. Para combatir las enfermedades vírosas de los vegetales, es indis-



1 Comparación en tamaño entre una bacteria fitopatógena (*Agrobacterium tumefaciens* [SMITH et TOWNS] CONN) y partículas de virus fitopatógenos (*Marmor lactucae* HOLMES [Escala 40.000 : 1])

2 Corte transversal de una célula parenquimática de una hoja de tabaco, invadida por partículas de virus en forma de varillas (Marmor tabaci HOLMES [Escala 20.000 : 1])





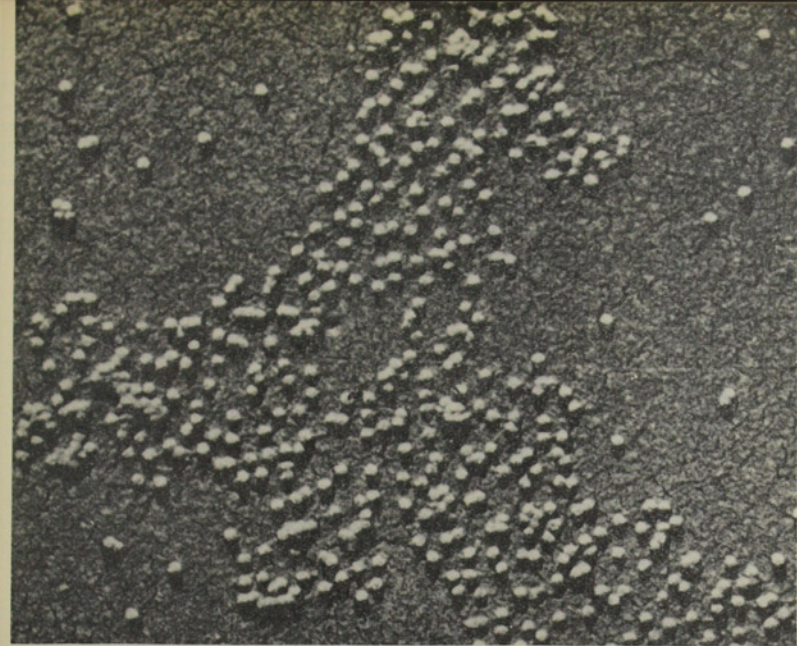
5 Deformación producida por el virus de la "enfermedad de buqué" (*Solanumvirus deformans* KOEHLER) en una hoja de la papa (tamaño natural)

4 "Variegación del tulipán" (Marmor tulipae HOLMES [tamaño natural])



pensable comprobar su existencia. Desgraciadamente, sería muy difícil indicarle a cada agricultor, criador de flores o de árboles frutales o forestales, una pauta para el reconocimiento de dichas enfermedades en sus cultivos, ya que cada virosis en los diferentes huéspedes está modificada por el medio ambiente. Para la constatación de las virosis, existe una gran variedad de métodos, de los cuales se elegirán los más indicados, considerando el método más propicio para cada caso y atendiendo a su veracidad, rapidez y costo de aplicación. A veces sólo interesa saber si una planta está o no atacada por virus; en otra oportunidad se desea saber cuál virus o en qué concentración se encuentra en la planta, o también podría ser de interés conocer el estado general de un cultivo determinado.

El diagnóstico de virus con el microscopio electrónico es prácticamente imposible, si no existen centros de investigaciones virológicas, ya que es un proceso demasiado largo y complicado. Relativamente sencillo es el llamado método de inoculación mecánica, por medio de la fricción de savia de un órgano de la planta en la cual se sospecha una virosis, sobre plantas experimentales. El exudado se transmite a la planta con la yema de los dedos, con una bagueta de vidrio, o por medio de un cepillito. Frotando en forma suave y homogénea se reparte el extracto sobre la superficie foliar, previamente espolvoreada con polvo de lija o carborundo. Según la concentración del virus y de la planta test elegida, se pueden notar al cabo de pocos días o de varias semanas, sobre las hojas inoculadas o posteriormente



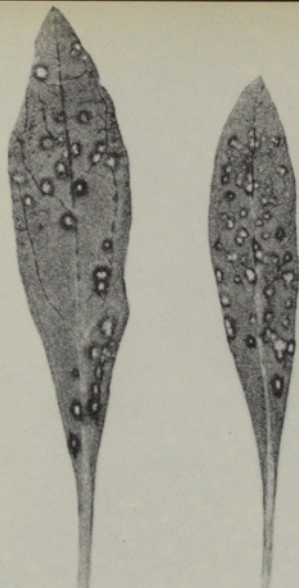
3 Partículas esféricas del "mosaico del haba" (*Marmor fabae* VALL. [Escala 60.000 : 1]

desarrolladas, síntomas específicos para determinado tipo de virus. Así tenemos múltiples manifestaciones: aparecen, por ejemplo, manchas negras, amarillas claras u oscuras, también de color café y a veces manchas no definidas, de tono rojizo o amarillento. Sin embargo, solamente es posible dar un diagnóstico exacto, si el virus estudiado es capaz de reproducirse en la planta inoculada (Figs. 2, 6). Con este método es posible la transmisión del "mosaico del gladiolo" (*Marmor gladioli* HOLMES, *gladiolus mild mosaic virus*) a unas 200 especies diferentes de plantas; en cambio, el "mosaico amarillo del cardenal" (*Marmor pelargonii* HOLMES, *pelargonium leaf curl virus*) se transmite sólo a un reducido número de plantas huéspedes.

Para constatar la virosis del clavel, se utiliza a menudo la clavelina y en el caso de los virus de las frutillas, éstos manifiestan los síntomas más visibles sólo en un determinado clon, el cual es inoculado con el virus, valiéndose de la injertación. El hecho de que algunas plantas no sean atacadas por determinados virus (plantas diferenciales), se aprovecha para su identificación. Así, por ejemplo, el "mosaico verde del pepino" (*Marmor striatum* HOLMES var. *chlorogenum* HOLMES, *cucum-*

cumber green mottle mosaic virus) no ataca a ninguna planta que no sea cucurbitácea, mientras que el "mosaico común del pepino" (*Marmor cucumeris* HOLMES var. *vulgare* HOLMES, *cucumber mosaic virus*) tiene varios huéspedes de otras familias a quienes afecta.

Bien difundido está el uso de sueros para sanar enfermedades infecciosas del hombre y de los animales, inyectándose al organismo enfermo anticuerpos que neutralicen la acción de agentes patógenos o de sus toxinas. Sin embargo, este tratamiento no es posible en plantas atacadas con virus; en cambio, puede emplearse otra rama de la serología, el diagnóstico serológico. Como condición previa se necesitan los anticuerpos (globulinas), los cuales se obtienen de la sangre de homioiotes a los que se les ha inyectado suspensiones virosas. Para los virus vegetales, el resultado más efectivo lo han dado los conejos. Si mezclamos en un tubo de ensayo o portaobjeto una determinada cantidad de antisueros con savia infecciosa, se formará un precipitado característico en caso que se presenten partículas de virus; éste se reconoce bajo el microscopio con poco aumento o a simple vista.



6 Síntomas presentados en las hojas de una compuesta (*Gomphrena globosa* L.) después de inoculadas con el virus de la "enfermedad de buque" de la papa (*Solanumvirus deformans* KOEHLER [tamaño natural])

7 Síntomas del "mosaico de la peonía" (*Annulus paconiac* QUANI [Escala 1:2])



El método serológico se emplea para el diagnóstico de varias virosis, siendo por esta razón muy empleado por los criadores de semillas y plantas. Además es relativamente barato, fidedigno y tiene la gran ventaja de conocerse el resultado después de pocas horas. Cabe mencionar que no todos los virus económicamente importantes, se pueden determinar por este método (virosis de los árboles frutales). En Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia y Suiza se emplea preferentemente el diagnóstico serológico para constatar la presencia de virus en papas; en Holanda, también se ha empleado con éxito este método serológico en el reconocimiento de virosis de plantas ornamentales.

En una agricultura intensiva, la existencia de agentes patógenos es muy favorable. En relación al agente causante de virosis, nos encontramos en una posición defensiva muy pasiva, ya que no contamos con los mismos medios de control de enfermedades fungosas o de insectos, por ejemplo, por medio de fungicidas e insecticidas, respectivamente, porque este agente patógeno parasita en medio del citoplasma vivo de las células vegetales. Según observaciones hasta ahora realizadas, en los intentos para atacar las partículas de virus, también se compromete a las células vivas. Es por eso que todas las precauciones deben estar dirigidas hacia la prevención de infecciones, para lo cual, se debe emplear, en primer lugar, semillas y plantas libres de virus, lo cual se obtiene por una selección minuciosa. Además, se deben coordinar los cuidados culturales: así debemos elegir la fecha de siembra más favorable, desinfectar los implementos de cultivo, desmalezar a tiempo, ya que especialmente las malezas perennes sirven de reservorios de virus; también se debe combatir los insectos vectores de virus y, finalmente, controlar constantemente los cultivos con ayuda de los métodos anteriormente citados, para reconocer de inmediato un ataque viroso y, por consiguiente, aislar dichas plantas.

Recomendable es el cultivo de variedades resistentes, ya que en ellas no se puede multiplicar el virus. El problema que ahora se presenta, es que al igual que con algunos hongos y bacterias parásitos, aparecen biotipos debido a mutaciones que han logrado salvar la resistencia presentada por estos vegetales. Sin embargo, se han logrado éxitos con tomates, tabaco, porotos y papas.

Una solución parcial sería el cultivo considerando la tolerancia. Estas plantas no son afectadas en su productividad y calidad por el virus; pero las variedades tolerantes, significan una constante amenaza, ya que constituyen focos de infección permanente, pudiendo transmitir en cualquier momento virosis a ejemplares sanos, lo que significaría una continuación del ataque. Otro riesgo reside en el hecho de que la tolerancia está a menudo combinada con un ataque latente.

El desarrollo de *viricidas químicos*, aún se encuentra en sus primeras etapas. Mientras más avancen nuestros conocimientos acerca de los procesos de reproducción de virus en la célula viva, con mayor prioridad podremos combatirlos sin causarle daño a la planta huésped. Actualmente, sólo conocemos sustancias que

bajo determinadas condiciones disminuyen la multiplicación de virus o el desarrollo total de la enfermedad (citovirina). Pero como la virología ha solucionado más de un problema de este mundo misterioso, también podremos mirar confiados hacia el futuro, si le damos la importancia que representa dentro de la fitopatología.

CUADRO 1: Las virosis más importantes de las plantas cultivadas existentes en Chile, según MUJICA (1961) y observaciones propias. (Hemos escrito la nomenclatura de la virosis entre paréntesis, ya que prácticamente no existe una denominación vulgar precisa en español para tales enfermedades. Aún en la

misma nomenclatura hasta ahora usada, subsisten disparidades en la aplicación de los nombres, puesto que algunos virólogos prefieren el sistema latino binomial, en cambio otros se inclinan por los nombres ingleses comunes, que en la actualidad son más utilizados).

nombre común	nomenclatura binomial	denominación inglesa
"amarillez de la betarraga"	<i>Corium betae</i> HOLMES	beet yellows virus
"amarillez marginal de la frutilla"	<i>Marmor marginans</i> HOLMES	strawberry yellow-edge virus
"arrugado de la hoja del tabaco"	<i>Ruga tabaci</i> HOLMES	tabacco leaf curl virus
"encarrujamiento del maní"	<i>Marmor arachidis</i> HOLMES	peanut rosette virus
"enrollamiento de la papa"	<i>Corium solani</i> HOLMES	potato leaf roll virus
"escarapela del cerezo"	<i>Pronovirus deformans</i> RYSHEK	cherry rosette virus
"manchas del fruto del tomate"	<i>Lethum australiensis</i> HOLMES	tomato spotted wilt virus
"marchitez de la betarraga"	<i>Chloigenus patagoniensis</i> BEN. et MUNCK	beet yellow wilt virus
"mosaico acubá de la papa"	<i>Marmor acubae</i> HOLMES	potato acubaa mosaic virus
"mosaico común de la papa"	<i>Marmor dubium</i> HOLMES	potato common mosaic virus
"mosaico común del fréjol"	<i>Marmor phaseoli</i> HOLMES	common bean mosaic virus
"mosaico estriado del maíz"	<i>Fractilinea zeae</i> HOLMES	corn leaf stripe virus
"mosaico de la alfalfa"	<i>Marmor medicaginis</i> HOLMES	alfalfa mosaic virus
"mosaico de la betarraga"	<i>Marmor betae</i> HOLMES	beet mosaic virus
"mosaico de la col"	<i>Marmor cruciferarum</i> HOLMES	cabbage mosaic virus
"mosaico de la dalia"	<i>Marmor dahliae</i> HOLMES	dahlia rugose mosaic virus
"mosaico de la higuera"	<i>Marmor caricae</i> (COND. et HORNE) HOLMES	fig mosaic virus
"mosaico de la huella"	<i>Marmor abutilon</i> HOLMES	abutilon infectious variegation virus
"mosaico de la lechuga"	<i>Marmor lactucaae</i> HOLMES	lettuce mosaic virus
"mosaico de la vid"	<i>Marmor viticola</i> HOLMES	vine mosaic virus
"mosaico del apio"	<i>Marmor umbelliferarum</i> HOLMES	celery mosaic virus
"mosaico del cardenal"	<i>Marmor pelargonii</i> HOLMES	pelargonium leaf curl virus
"mosaico del cohombro"	<i>Murialba cucumeris</i> VALL.	cucumber mosaic virus
"mosaico del manzano"	<i>Marmor mali</i> HOLMES	apple mosaic virus
"mosaico del melón"	<i>Marmor melonis</i> RAD., FITZP. et HILDEBR.	muskmelon mosaic virus
"mosaico del tabaco"	<i>Marmor tabaci</i> HOLMES	tabacco mosaic virus
"mosaico del tomate"	<i>Marmor tabaci</i> HOLMES var. <i>acubae</i> HOLMES	tomato mosaic virus
"moteado de la papa"	<i>Marmor dubium</i> HOLMES var. <i>obscurum</i> HOLMES	potato mottle virus
"porosis de los citrus"	<i>Rimocortius porosis</i> (FAWC.) HOLMES	citrus porosis virus
"tristeza de los citrus"	<i>Lethum tristeza</i> FAWC. et BIT.	tristeza root rot virus
"tubérculo puntado de la papa"	<i>Aerogenus solani</i> HOLMES var. <i>vulgaris</i> HOLMES	potato spindle tuber virus
"venas amarillas de la vid"	<i>Morus sulfodiens</i> HOLMES	grape degeneration virus

BIBLIOGRAFIA

BENNETT, C. W.: Biological relations of plant viruses. *Ann. Rev. Plant Physiol.* (Palo Alto, EE. UU. A.) 7, 143 (1956).
 BROADBENT, L. and C. MARTINI: The spread of plant viruses. *Adv. Virus Res.* (New York, EE. UU. A.) 6, 93 (1959).
 BURNET, F. M. and W. M. STANLEY: The viruses. II. Plant and bacterial viruses. New York, EE. UU. A. (1959).
 FOLLMANN, G.: Soziale Organelle und vagabundierende Gene. *Mikrokosmos* (Stuttgart, Alem.) 47, 289 (1958).
 FOLLMANN, G. and I. A. FOLLMANN-SCHRAG: Die kranke Zelle. *Orion* (München, Alem.) 13, 589 (1958).
 HEINZE, K.: Phlytopathogene Viren und ihre Überträger. Berlin, Alem. (1959).

KÖHLER, E.: Pflanzenpathogene Viren. *Fortschr. Bot.* (Berlin, Alem.) 20, 305 (1958).
 LURIA, S. E.: General virology. New York, EE. UU. A. (1953).
 MUJICA, F.: Aporte preliminar al conocimiento de las virosis de los vegetales en Chile. *Bol. técn. Fac. Agron. Univ. Chile* (Santiago, Chile) 10, 13 (1961).
 POLLARD, M. (Ed.): Perspectives in virology. New York, EE. UU. A. (1959).
 SCHRAMM, G.: Biochemistry of viruses. *Ann. Rev. Biochem.* (Palo Alto, EE. UU. A.) 27, 101 (1958).
 SMITH, K. M.: A textbook of plant virus diseases. London, England (1957).
 SMITH, K. M.: Plant viruses. New York, EE. UU. A. (1960).
 TISCHLER, W.: Pflanzenpathologie. Konstanz, Suiza (1957).