

UNIVERSIDAD CATOLICA AGROPECUARIA DEL TROPICO SECO
Pbro. “Francisco Luis Espinoza Pineda”



Fitopatología general

**Unidad VI: Enfermedades causadas por Virus,
micoplasmas y similares**

-

Competencia

Maneja la clasificación taxonómica de los virus, mycoplasmas y similares y la relación patógeno hospedante, con el fin de relacionarlo con la sintomatología, y diseminación tomando en cuenta, los beneficios y la protección al medio ambiente

Contenido:

Generalidades y clasificación de los virus - Sintomatología y diagnóstico - Generalidades de Micoplasmas, clasificación y diseminación
--

MSc. Martin Urbina Chavarría

ESTELI, AGOSTO DEL 2011

I. Introducción

Los **virus** son nucleoproteínas que son demasiado pequeñas como para poder observarlos en el microscopio óptico, que se propagan sólo en el interior de células vivas y que tienen la capacidad de producir enfermedad. Todos los virus son parásitos de las células y producen una multitud de enfermedades a todas las formas vivientes, desde las plantas y animales unicelulares hasta los grandes árboles y los mamíferos. Algunos atacan al hombre, a los animales o a ambos y producen enfermedades como la gripe, poliomielitis, hidrofobia, viruela y pequeños tumores, otros más atacan a las plantas y todavía otros atacan a microorganismos como hongos, bacterias y micoplasmas. El número total de virus que se conocen hasta la fecha es de casi 2 000 y cada mes se identifican a otros nuevos. Cerca de una cuarta parte de todos los virus conocidos atacan y producen enfermedades en las plantas.

Un solo virus puede infectar a una o varias docenas de diferentes especies de plantas y cada especie vegetal puede ser atacada por muchas clases distintas de virus. Con frecuencia, una planta puede también ser infectada por más de un virus al mismo tiempo.

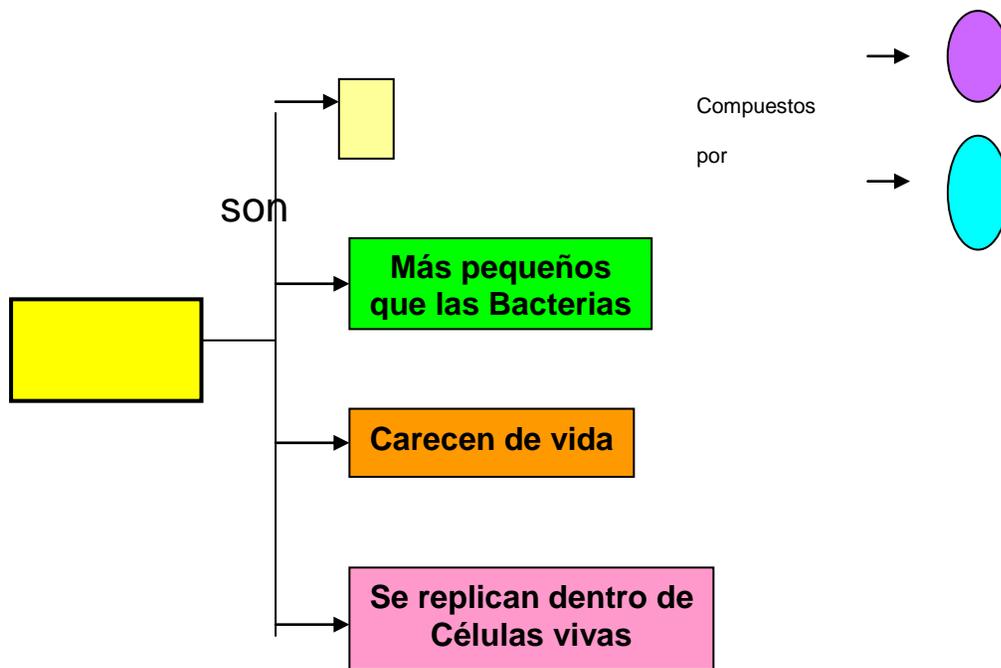
Aunque los virus causan enfermedades y comparten con otros organismos vivos varias funciones genéticas y la capacidad de reproducirse, se comportan también como moléculas químicas. En su forma más simple, los virus constan de ácido nucleico y proteína, esta última forma una cubierta protectora llamada **cápside** en torno al primero. Aunque los virus pueden tener diferentes formas, tienen principalmente forma poliédrica o de varilla, o variantes de estas dos estructuras básicas. Hay siempre sólo RNA o sólo ADN en cada virus y, en la mayoría de los virus de las plantas, un solo tipo de proteínas. Sin embargo, algunos de los virus más grandes pueden tener varias proteínas distintas, cada una de las cuales quizá con una función distinta.

Los virus no se dividen ni producen algún tipo de estructura reproductora especializada como las esporas, pero se propagan al inducir a las células hospedantes a que formen más partículas virales. Los virus no producen enfermedad mediante el consumo de células o matándolas con toxinas, sino utilizando las sustancias celulares, ocupando los espacios libres en las células y alterando los componentes y procesos celulares, que a su vez alteran el metabolismo

II. Generalidades de los virus

¿Qué son los virus?

- Los virus son entidades biológicas compuestas de material genético dentro de una cubierta llamada cápside (virión)
- Algunos tienen una capa adicional denominada envoltura.
- No poseen la capacidad de reproducirse por si mismos dependiendo de un huésped para replicarse por cual son llamados “parásitos intracelulares obligados”.
- En función del huésped se clasifican: virus bacterianos Virus vegetales Virus animales



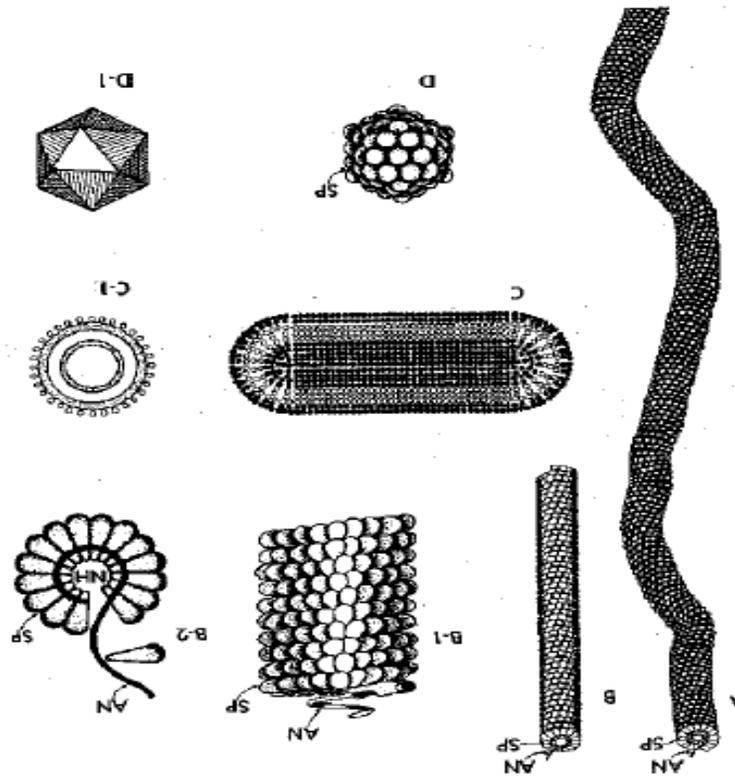


Figura 14-3: Tamaño, forma y estructuras relativas de algunos de los virus fitopatógenos representativos. A) Virus alargado en forma de filamento flexible. B) Virus en forma de varilla rígida. B-1) Disposición lateral de las subunidades proteínicas (SP) y el ácido nucleico (AN) en los virus A y B. En B-2) Vista de un corte transversal de esos mismos virus. NH - núcleo hueco. C) Pequeño virus baciliforme. C-1) Vista de un corte transversal de dicho virus. D) Virus poliédrico. D-1) Un icosaedro, representando la simetría de 20 caras de las subunidades proteínicas del virus poliédrico.

¿Cómo se clasifican los virus?

El nivel más alto de la clasificación de virus reconoce seis grupos principales, según la naturaleza del genoma:

- ADN de doble cadena (dsDNA): no hay virus de las plantas de este grupo, que se define para incluir sólo aquellos virus que se replican sin un intermediario de ARN (ver la transcripción inversa-virus, más abajo). Se incluye a los virus con mayor genomas conocidos (hasta cerca de 400.000 pares de bases) y no es sólo un componente del genoma, que puede ser lineal o circular. Conocido virus en este grupo incluyen el herpes y los virus de la viruela.
- ADN de cadena sencilla (ssDNA): hay dos familias de virus de plantas de este grupo y ambos tienen pequeños componentes del genoma circular, a menudo con dos o más segmentos.
- Transcripción inversa-virus: estas tienen genomas dsDNA o ssRNA y su replicación incluye la síntesis de ADN a partir de ARN por la enzima transcriptasa inversa, y muchos

integran en el genoma de su huésped. El grupo incluye a los retrovirus, de los cuales el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), causante del SIDA, es un miembro. No hay una sola familia de virus de plantas de este grupo y este se caracteriza por un único componente de ADN de doble cadena circular, la repetición de lo que es a *través de un* intermediario de ARN.

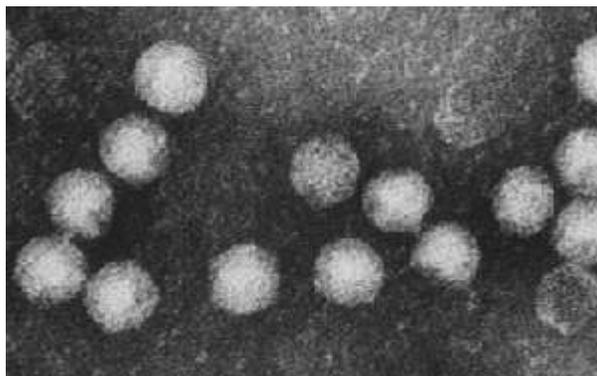
- ARN de doble cadena (dsRNA): algunos virus de las plantas y muchos de los mycoviruses se incluyen en este grupo.
- Sentido negativo de cadena simple de ARN (ssRNA): en este grupo, algunos o todos los genes se traducen en proteínas a partir de una cadena de ARN complementaria a la del genoma (como está empaquetado en la partícula del virus). Hay algunos virus de las plantas de este grupo y también incluye el virus que causa el sarampión, la gripe y la rabia.
- Sentido positivo de cadena sencilla de ARN (ssRNA +): la mayoría de los virus de plantas se incluyen en este grupo. También incluye el coronavirus del SRAS y de muchos otros virus que causan enfermedades respiratorias (incluyendo el "resfriado común"), y los agentes causales de la poliomielitis y la fiebre aftosa.

Dentro de cada uno de estos grupos, muchas características diferentes se utilizan para clasificar los virus en familias, géneros y especies. Por lo general, una combinación de caracteres que se utilizan y son algunos de los más importantes:

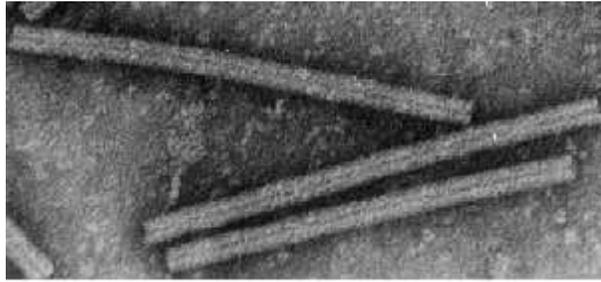
- Morfología de las partículas : la forma y el tamaño de las partículas como se ve en el microscopio electrónico.
- Propiedades del genoma : esto incluye el número de componentes del genoma y la estrategia de traducción. Donde las secuencias del genoma se han determinado, la relación de las diferentes secuencias a menudo es un factor importante en la discriminación entre las especies.
- Propiedades biológicas : esto puede incluir el tipo de acogida y también el modo de transmisión.
- Propiedades serológicas : la relación (o no) de las proteínas del virión (s).

Morfología de las partículas : Entre los virus de plantas, las formas más frecuentes son:

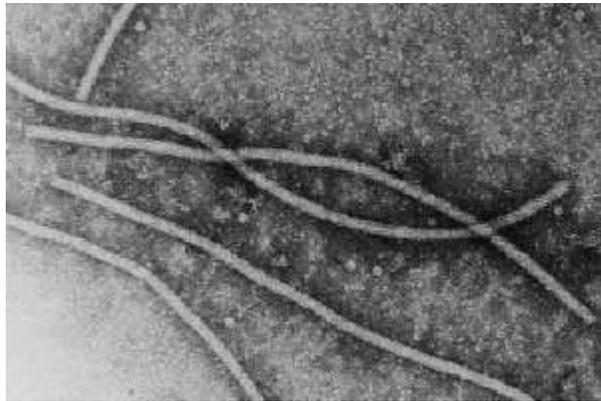
Isométrica: al parecer esférica y (dependiendo de la especie) de alrededor de 18nm de diámetro hacia arriba. El ejemplo muestra *el virus de la necrosis del tabaco, Necrovirus* género con partículas de 26 nm de diámetro.



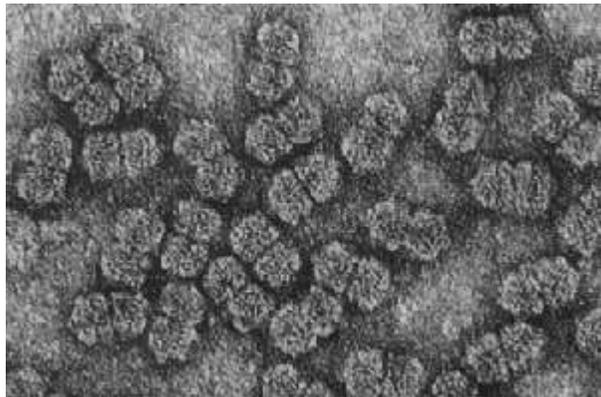
En forma de barra: alrededor de 20-25 nm de diámetro y de 100 a 300 nm de largo. Estos aparecen rígidas y con frecuencia tienen un canal claro central (dependiendo del método de tinción utilizados). Algunos virus tienen dos o más longitudes diferentes de las partículas y éstas contienen diferentes componentes del genoma. El ejemplo muestra *del virus del mosaico del tabaco, Tobamovirus* género con partículas de 300 nm de largo.



Filamentosos: por lo general alrededor de 12 nm de diámetro y más flexuosas que las partículas en forma de barra. Ellos pueden ser de hasta 1000 nm de largo, o incluso más en algunos casos. Algunos virus tienen dos o más longitudes diferentes de las partículas y éstas contienen diferentes componentes del genoma. El ejemplo muestra *Papa virus Y, género Potyvirus* con partículas de 740 nm de largo.



Geminadas: hermanados partículas isométricas de aproximadamente 30 x 18 nm. Estas partículas son de diagnóstico de virus en el *Geminiviridae* familia que se han generalizado en muchos cultivos, especialmente en las regiones tropicales. El ejemplo muestra *el virus del rayado del maíz, Mastrevirus* género.

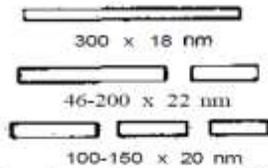


Baciliformes: corto de ida y terminó barras. Estos vienen en diferentes formas a unos 30 nm de ancho y 300 nm. El ejemplo muestra *cacao hinchada virus disparar, badnavirus* género con partículas de 28 x 130 nm.

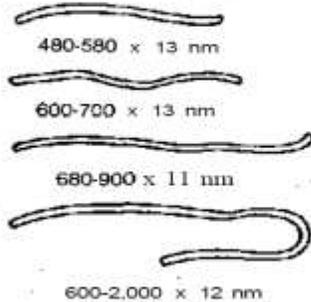


I. VIRUS de RNAs (de una sola banda) que carecen de cápside

A. Virus en forma de bastón

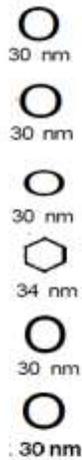


S. Virus formados por partículas flexibles o filamentosas



C. Virus isométricos

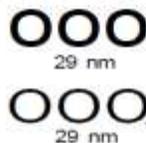
i. Formados por un solo componente



ii. Formados por dos componentes



iii. Formados por tres componentes



1. Grupo de los tobamovirus. Comprende al virus del mosaico del tabaco y a otros 10 virus más
2. Grupo de los tobnavirus. Comprende al virus del cascabel del tabaco y al virus del mosaico y de la enación del chícharo
3. Grupo de los hordevirus. Comprende al virus del mosaico estriado de la cebada y a otros 3 virus más
4. Grupo de los potexvirus. Comprende al virus X de la papa y a otros 35 virus más
5. Grupo de los carlavirus. Comprende al virus latente del clavel doble y a otros 34 virus más
6. Grupo de los potyvirus. Comprende al virus Y de la papa y a otros 104 virus más
7. Grupo de los closterovirus. Comprende al virus de los amarillamientos de la remolacha y otros 22 virus más
8. Virus del enanismo clorótico del maíz. Único miembro.
9. Virus de la necrosis del tabaco. Único miembro.
10. Grupo de los tymovirus. Comprende al virus del mosaico amarillo del nabo y a otros 16 virus más
11. Grupo de los tobusvirus. Comprende al virus del achaparramiento arbustivo del tomate y a otros 11 virus más
12. Grupo de los sobemovirus. Comprende al virus del mosaico sureño del frijol y a otros 10 virus más
13. Grupo de los luteovirus. Comprende al virus del enanismo amarillo de la cebada y a otros 7 virus más
14. Grupo de los comovirus. Comprende al virus del mosaico del caupí y a otros 15 virus más
15. Grupo de los nepovirus. Comprende al virus de la mancha anular del tabaco y a otros 21 virus más
16. Virus del mosaico y de la enación del chícharo. Único miembro.
17. Grupo de los dianthovirus. Comprende al virus de la mancha anular del clavel doble y a otros 2 virus más
18. Grupo de los cucumovirus. Comprende al virus del mosaico del pepino y a otros 2 virus más
19. Grupo de los bromovirus. Comprende al virus del mosaico del bromo y a otros 3 virus más



20. Grupo de los ilavirus. Comprende al virus del rayado del tabaco y a otros T4 virus más

21. Virus del mosaico de la alfalfa. Único miembro

II. VIRUS de RNAs (RNA de una sola banda) con capsíde



22. Virus de la marchitez manchada del tomate. Único miembro



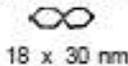
23. Rhabdoviridae. Comprende al virus de los amarillamientos necróticos de la lechuga más otras 30 virus

III. VIRUS de RNAs (RNA de doble banda)



24. Reoviridae. Comprende al virus que ocasiona tumores en las heridas y a otros 9 virus más

IV. VIRUS de DNAs (DNA de una sola banda)



25. Grupo de los geminivirus. Comprende al virus del rayado del maíz y a otros 14 virus más

V. VIRUS de DNAs (de doble banda)



26. Grupo de los caulimovirus. Comprende al virus del mosaico de la coliflor y a otros 11 virus más

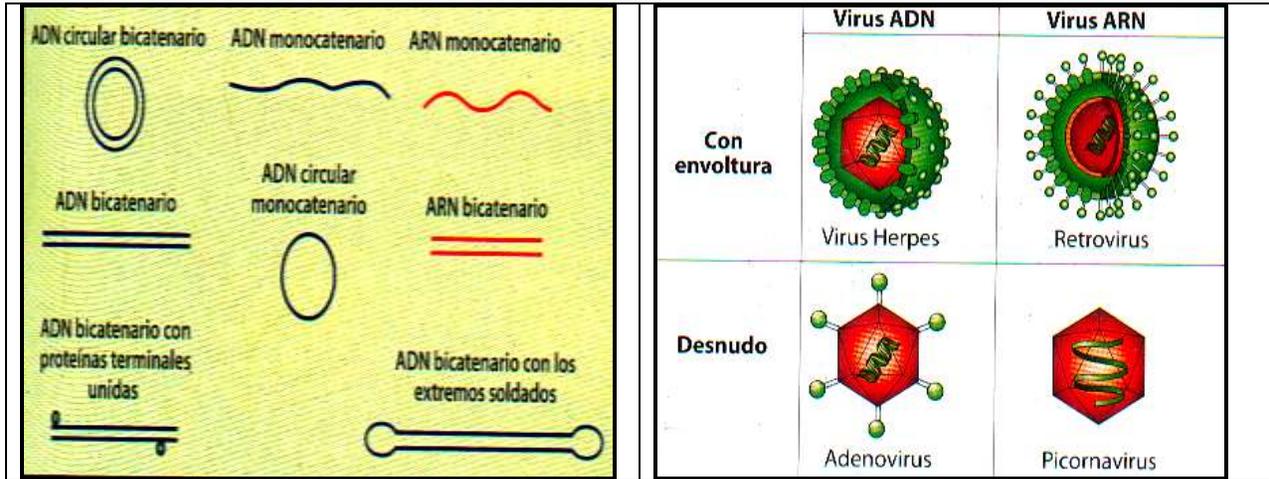
Proteínas Virales

- Función: facilitar la transferencia del ácido nucleico viral a una célula huésped. Esto se logra porque:
 - a) Protegen al genoma viral contra las enzimas de la célula huésped.
 - b) Participan en la adhesión del virus en la célula huésped.
 - c) Proporcionan la simetría estructural del virus.
- Además, las proteínas establecen las características antigénicas del virus (son las responsables de la formación de los anticuerpos por parte del sistema inmune)

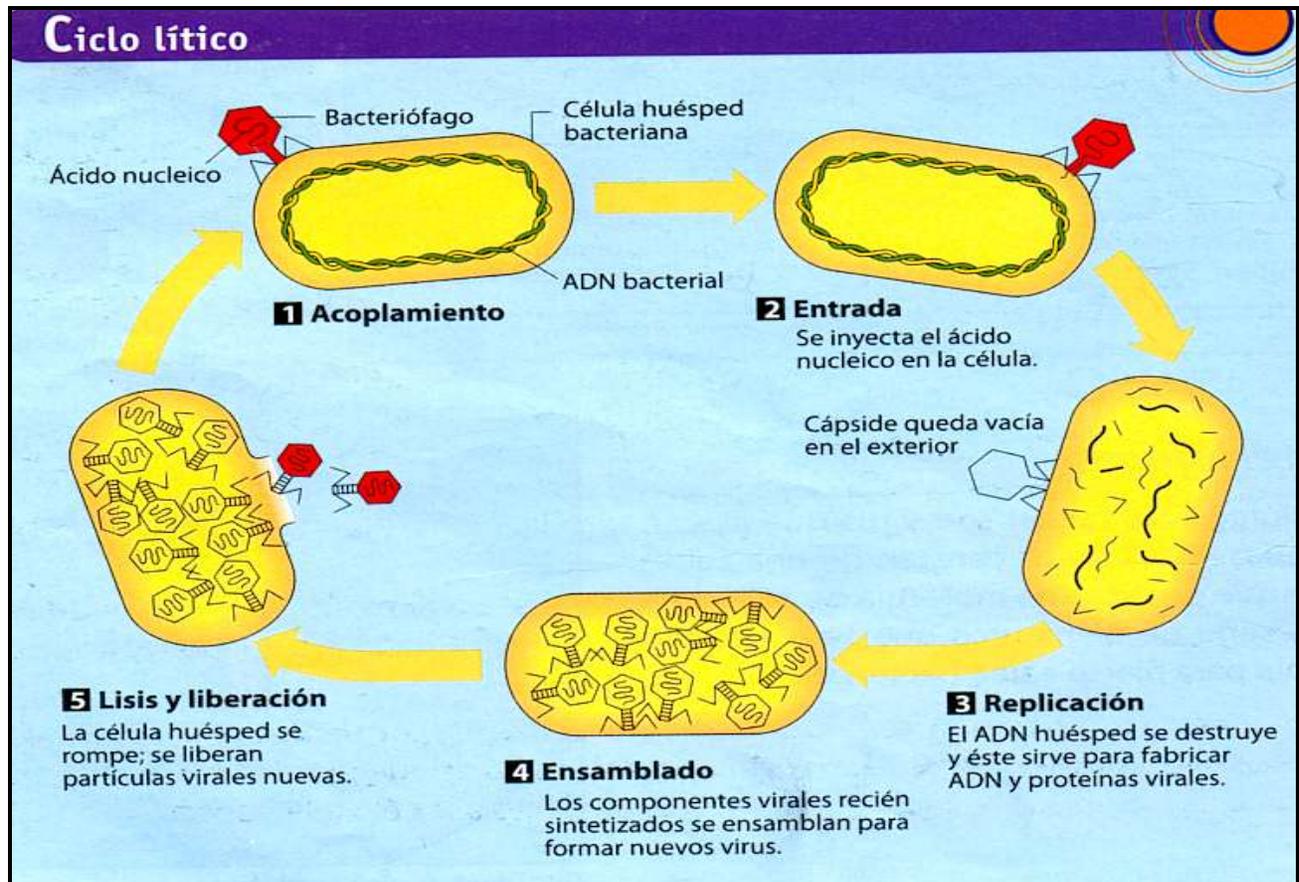
ADN o ARN Viral

- Los virus poseen una sola clase de ácido nucleico, ya sea ADN o ARN, que codifica la información genética necesaria para su replicación.
- El genoma puede ser:
 - a) Una sola tira o doble.

- b) Circular o lineal.
- c) Segmentado o no.
- El N° de tiras, el tipo de ácido nucleico y el peso molecular constituyen las principales características usadas para la clasificación de los virus.



REPLICACIÓN VIRAL



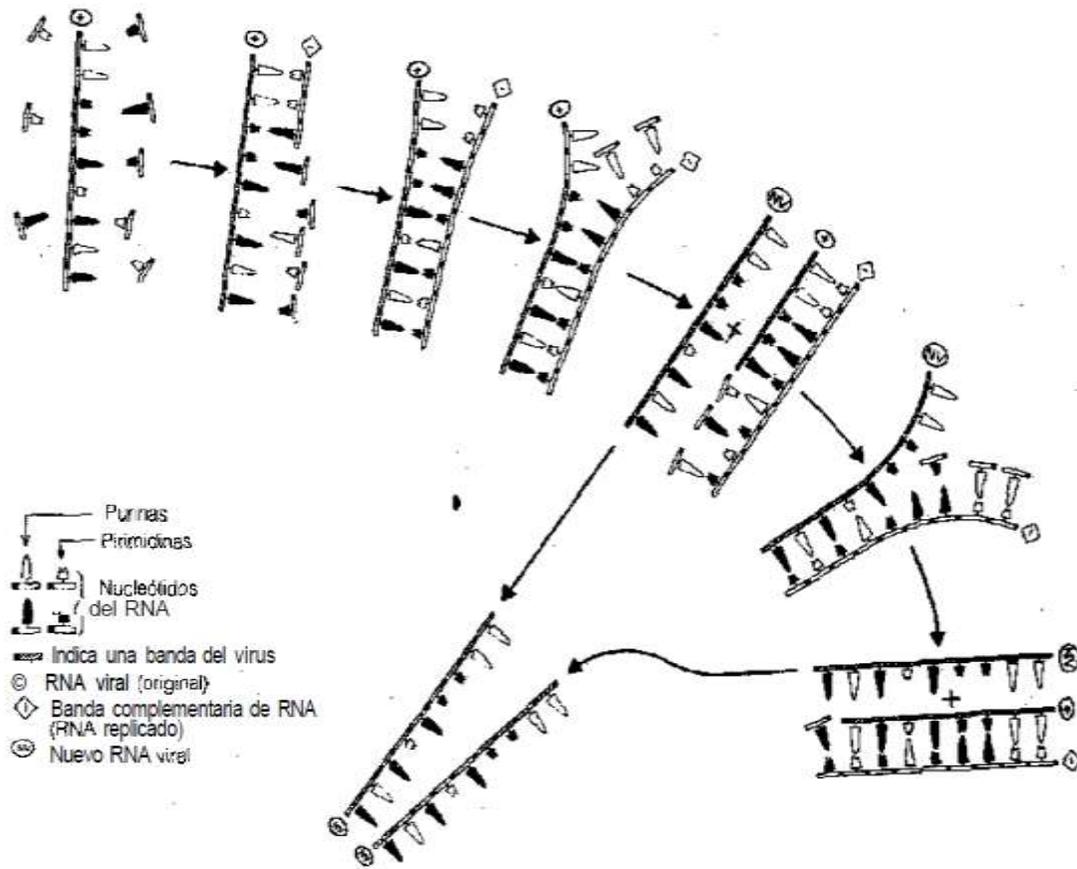


Figura 14-5: Representación esquemática hipotética de la duplicación del RNA viral.

Infección y síntesis virales

Los virus que infectan a las plantas penetran en las células sólo a través de heridas producidas mecánicamente o por ciertos vectores, o bien cuando un grano de polen infectado se deposita en un óvulo.

El ácido nucleico (RNA) del virus pierde en primer término su cubierta proteínica. Induce entonces a la célula a sintetizar enzimas denominadas RNA polimerasas (RNA sintetasas o RNA replicasas). Estas enzimas, en presencia del RNA viral que sirve como modelo y de los nucleótidos que la constituyen, sintetizan más RNA. El primer nuevo RNA que se sintetiza no es el viral, sino una cadena que es una imagen en espejo del RNA y que, conforme se sintetiza, se une temporalmente a la cadena del RNA viral (figura 14-5). Así, los dos forman un RNA de doble banda que en poco tiempo se separa y forma el RNA del virus original y la banda de imagen en espejo (-), de las cuales la última sirve como modelo de la síntesis de RNA (banda +) de más virus.

La replicación de algunos virus de RNA de una sola banda que tienen partes de su RNA en dos o más partículas virales, de algunos rhabdovirus y de algunos virus de RNA de doble banda, difiere considerablemente del proceso mencionado anteriormente. El virus en los que los distintos segmentos de RNA aparecen dentro de dos o más partículas virales, todas las partículas o la mayoría de ellas deben estar en la misma célula para que el virus se replique y se desarrolle la infección. En los rhabdovirus de RNA de una sola banda, el RNA es infeccioso debido a que es la banda (-). Este ácido debe ser transcrito por la enzima portada por el virus, denominada transcriptasa en un RNA de banda (+) en el hospedante y este RNA debe replicarse como se mencionó con anterioridad. En los virus isométricos de doble banda, el RNA se encuentra segmentado dentro del mismo virus, no es infeccioso y depende para su replicación en el hospedante de una enzima transcriptasa que también porta el virus.

En un principio se consideró que el mecanismo de duplicación del DNA de doble cadena (ds) de los virus de DNA que infectan a las plantas era idéntico a la duplicación del DNA nuclear del hospedante. Sin embargo, hoy en día se sabe que la duplicación de los virus de DNA de doble banda es un proceso mucho más complejo. Brevemente, después de que se ha producido la infección de la planta hospedante, el DNAd viral entra al núcleo de la célula, donde parece superenrollarse y forma un minicromosoma. Este último se duplica parcialmente y también es transcrito en dos RNAs de una sola banda: el RNA más pequeño es transportado al citoplasma, donde se traduce en proteínas codificadas por el virus; el RNA de mayor tamaño también se transporta al mismo punto en el citoplasma, pero ahí se utiliza como molde para que, por medio del proceso de transcripción inversa, se transforme en un DNAd completo del virión, que rápidamente se encapsula por subunidades proteínicas para formar viriones completos. Sin embargo, aún no se ha determinado con certeza el mecanismo de duplicación del DNA de una sola cadena (DNAss) de los virus de DNAss que infectan a las plantas.

En los virus de DNAss que infectan a animales y vegetales, el DNAss se duplica formando un círculo rodante que produce una banda multimérica (-) que sirve de molde para la síntesis de bandas multiméricas (+) que se fragmentan después para formar bandas (+) de longitud unitaria.

Tan pronto como el nuevo ácido nucleico viral se sintetiza, parte de él se traduce, es decir, induce a la célula hospedante para que sintetice las moléculas proteínicas que serán sus subunidades de proteína y que formarán la cubierta proteínica del virus. Parece ser que sólo una parte de la banda de DNA o RNA del virus se requiere para participar en la síntesis de la proteína viral. Dado que cada aminoácido de la molécula de la subunidad proteínica se codifica por tres nucleótidos del RNA viral, para el caso del VMT, cuyo RNA consta de 6 400 nucleótidos (figura 14-4) y su proteína de 158 aminoácidos, sólo se requieren 474 nucleótidos para codificar la secuencia de aminoácidos en la subunidad proteínica.

La síntesis de proteínas en las células sanas depende de la existencia de aminoácidos y de la participación de ribosomas, RNA mensajero y RNAs de transferencia. Cada RNA

de transferencia es específico para un aminoácido, al cual transporta a lo largo de la molécula de RNA mensajero. Esta última molécula, que se sintetiza en el núcleo y refleja parte del código del DNA, determina el tipo de proteína que será producida mediante la codificación de la secuencia en la cual los aminoácidos estarán dispuestos. Los ribosomas parecen desplazarse a lo largo del RNA mensajero y proporcionan la energía necesaria para el enlace de los aminoácidos preordenados para formar la proteína (figura 14-6).

Durante la síntesis de las proteínas del virus, la porción del RNA viral que codifica la proteína del virus, funciona como el RNA mensajero. El virus utiliza los aminoácidos, ribosomas y los RNA de transferencia del hospedante, pero en realidad sirve como su propio modelo (debido a la porción de RNA que sirve como RNA mensajero), de ahí que la proteína sintetizada sea utilizada exclusivamente por el virus como una cubierta (figura 14-7) o para otras funciones.

Durante la síntesis viral, ciertas porciones del ácido nucleico del virus participan también en la síntesis de proteínas, más que en la cubierta proteínica del virus (figura 14-4). Algunas de esas proteínas son enzimas, como es el caso de las replicasas, que se requieren para la replicación del ácido nucleico viral, pero cabe señalar que aún se desconoce la función que desempeñan la mayoría de esas proteínas.

Estructuras de los virus

1. Ácido nucleico ADN o ARN Mono o bicatenario
2. Cápside : Naturaleza proteica, Funciones de adherencia y protección
3. Envuelta Bicapa lipídica Proteinas: Glicoproteinas, Matriz proteic

El material genético viral				
Tipo de Virus	Ácido nucleico	Cápsida	Envoltura	Ejemplo
Virus vegetales	ARN monocatenario	Helicoidal	No	Mosaico del tabaco
Bacteriófagos	ADN bicatenario	Compleja	No	Bacteriófago T4
Virus animales	De todos los tipos	Icosaédricos	Frecuente	Gripe, SIDA, etc.

¿Dónde se encuentran?

- En casi todos los materiales y medio ambientes de la Tierra como el aire y el agua.
- Básicamente, en cualquier lugar donde se encuentren células a las que puedan infectar.
- Los virus han evolucionado para infectar todas las formas de vida, animales, plantas, hongos y bacterias.
- Los virus tienden a ser específicos sobre el tipo de célula que infectan.

¿Cómo se reproducen?

Los virus pueden actuar de dos formas distintas:

- Reproduciéndose en el interior de la célula infectada, utilizando todo el material y la maquinaria de la célula hospedante.
- Uniéndose al material genético de la célula en la que se aloja, produciendo cambios genéticos en ella.
- Una vez que infectan a una célula, pueden desarrollar dos tipos de comportamientos:
- Como agentes infecciosos produciendo la lisis o muerte de la célula.
- Como virus atenuados, que añaden material genético a la célula hospedante y por lo tanto promueven la variabilidad

Infección y síntesis virales

Los virus que infectan a las plantas penetran en las células sólo a través de heridas producidas mecánicamente o por ciertos vectores, o bien cuando un grano de polen infectado se deposita en un óvulo.

El ácido nucleico (RNA) del virus pierde en primer término su cubierta proteínica. Induce entonces a la célula a sintetizar enzimas denominadas RNA polimerasas (RNA sintetasas o RNA replicasas). Estas enzimas, en presencia del RNA viral que sirve como modelo y de los nucleótidos que la constituyen, sintetizan más RNA. El primer nuevo RNA que se sintetiza no es el viral, sino una cadena que es una imagen en

espejo del RNA y que, conforme se sintetiza, se une temporalmente a la cadena del RNA viral (figura 14-5). Así, los dos forman un RNA de doble banda que en poco tiempo se separa y forma el RNA del virus original y la banda de imagen en espejo (-), de las cuales la última sirve como modelo de la síntesis de RNA (banda +) de más virus.

La replicación de algunos virus de RNA de una sola banda que tienen partes de su RNA en dos o más partículas virales, de algunos rhabdovirus y de algunos virus de RNA de doble banda, difiere considerablemente del proceso mencionado anteriormente. El virus en los que los distintos segmentos de RNA aparecen dentro de dos o más partículas virales, todas las partículas o la mayoría de ellas deben estar en la misma célula para que el virus se replique y se desarrolle la infección. En los rhabdovirus de RNA de una sola banda, el RNA no es infeccioso debido a que es la banda (-). Este ácido debe ser transcrito por la enzima portada

Translocación y distribución de los virus en las plantas

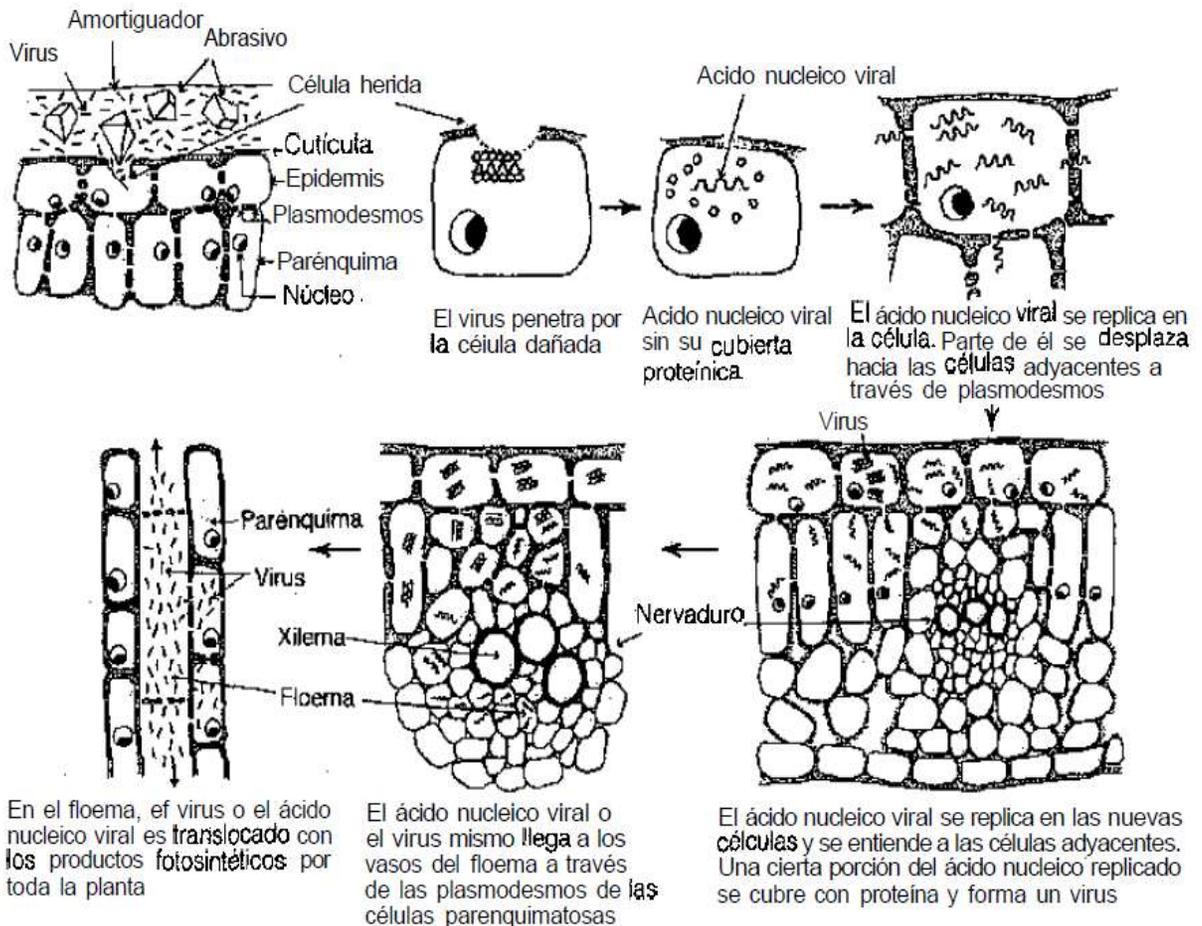


Figura 14-8: Inoculación mecánica y primeras etapas de la distribución sistémica de los virus en las plantas.

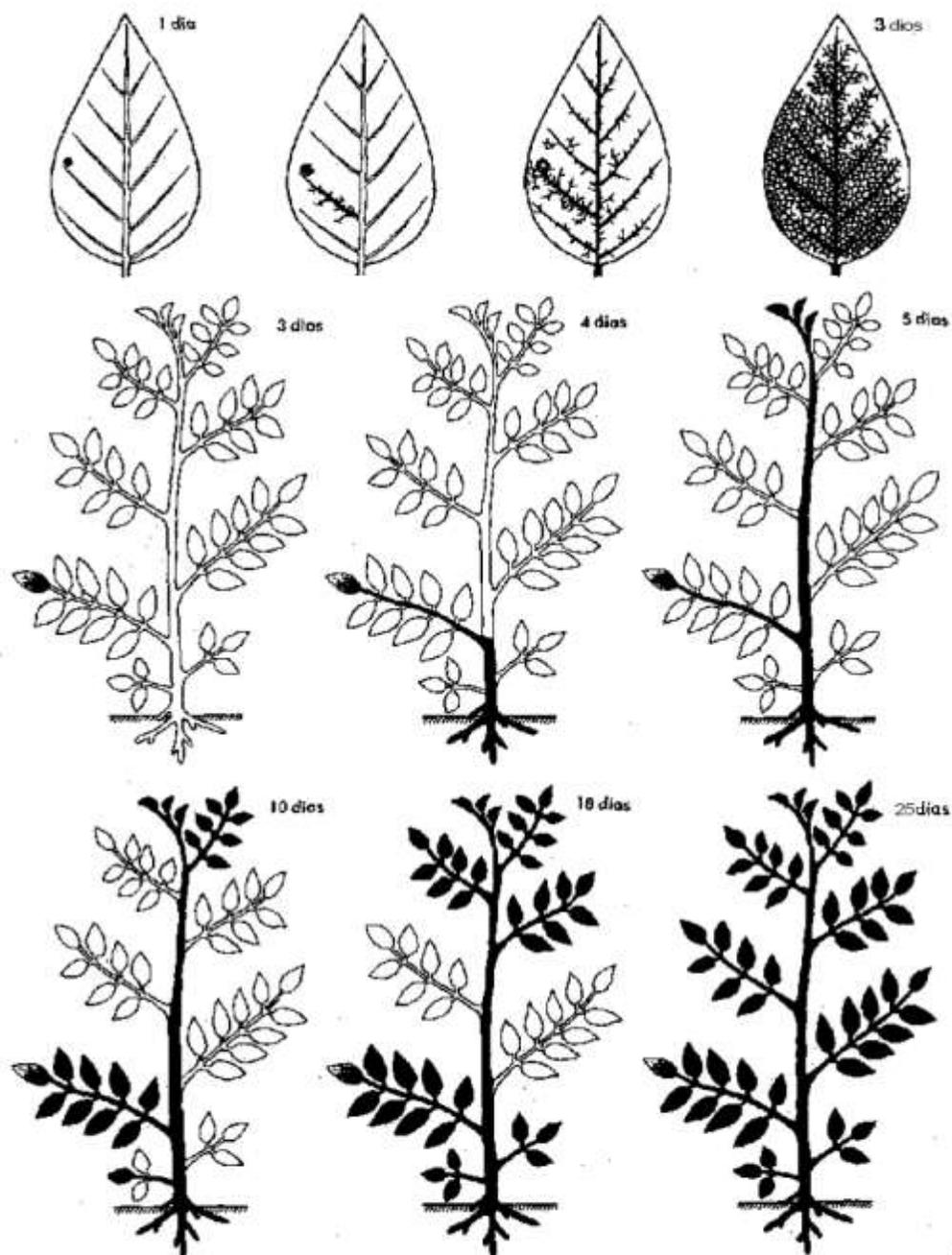


Figura 14-9: Esquema en el que se muestra la dirección y velocidad de translocación de un virus en una planta. (Adaptado de G. Samuel (1934). *Ann. Appl. Biol.* 21, 90-111.)

¿Cómo se transmiten?

- a. Vectores: Insectos Nemátodos Hongos Semillas, roce entre plantas, polen, herramientas
- b. Propagación vegetativa: injerto bulbos / tubérculos estacas, etc.

¿Qué son los viroides?

- _ Son las entidades biológicas de menor complejidad genética y estructural.
- _ Constituidos por una molécula de ARN de simple cadena y covalentemente cerrada.
- _ Carecen de cápsula proteica y su genoma es diez veces menor que los virus.

TAMAÑO Y MORFOLOGIA

- Son muy pequeños, del orden de 10 veces menor que el ácido nucleico de los bacteriófagos más chicos.
- Su tamaño oscila entre 246 a 399 nucleótidos.
- Sólo se visualizan al microscopio electrónico. Para identificarlas se suelen usar reacciones de infectividad biológica, técnicas y sondas moleculares.

Sintomatología

- Reducción del tamaño y por lo tanto del rendimiento,
- Mala calidad de fruta,
- Deformaciones de los tubérculos,
- Debilitamiento,
- Descortezado del portainjerto
- Acortamiento de la vida útil del árbol

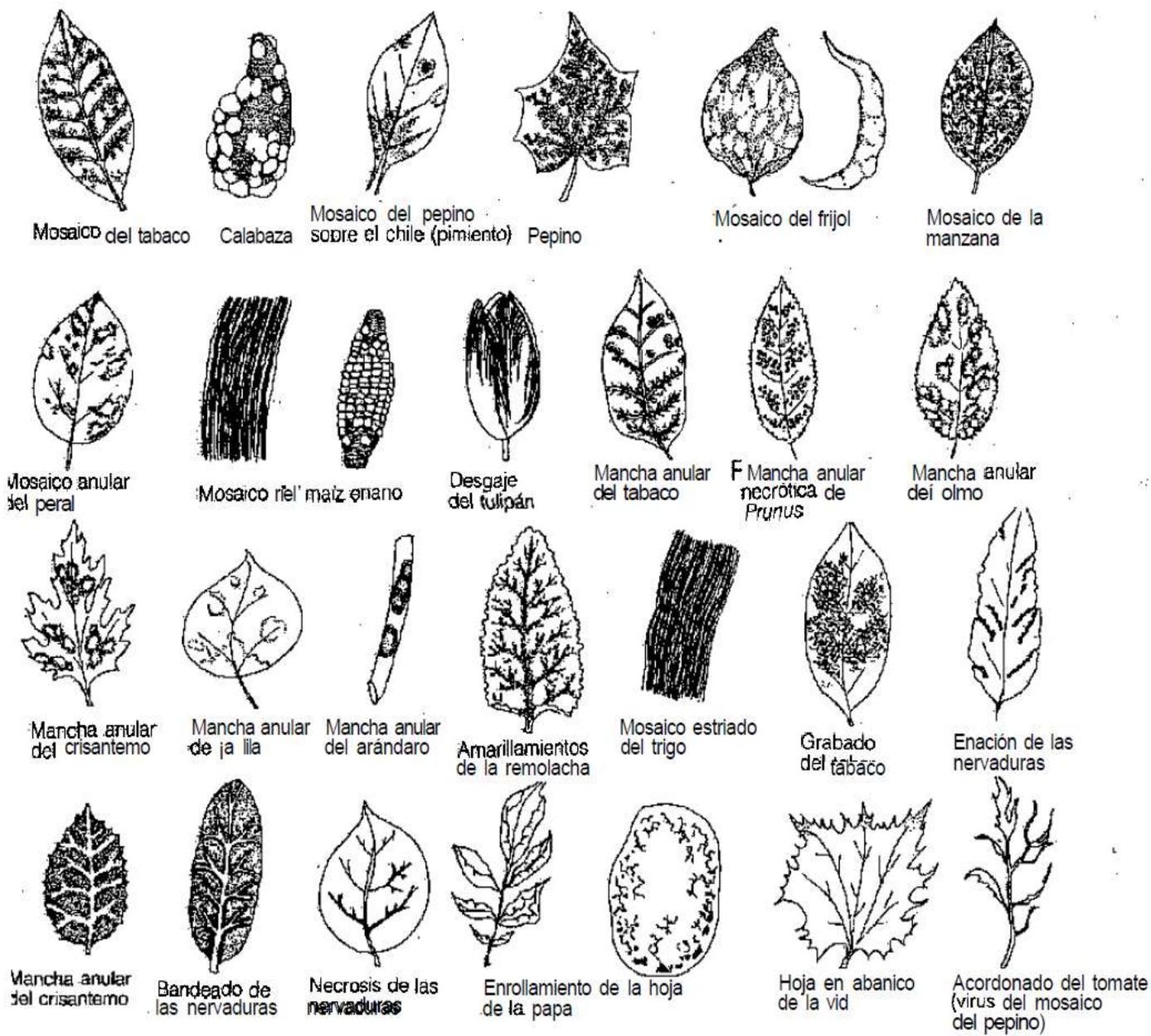


Figura 14-11: Tipos de **síntomas** que producen los virus en las plantas.

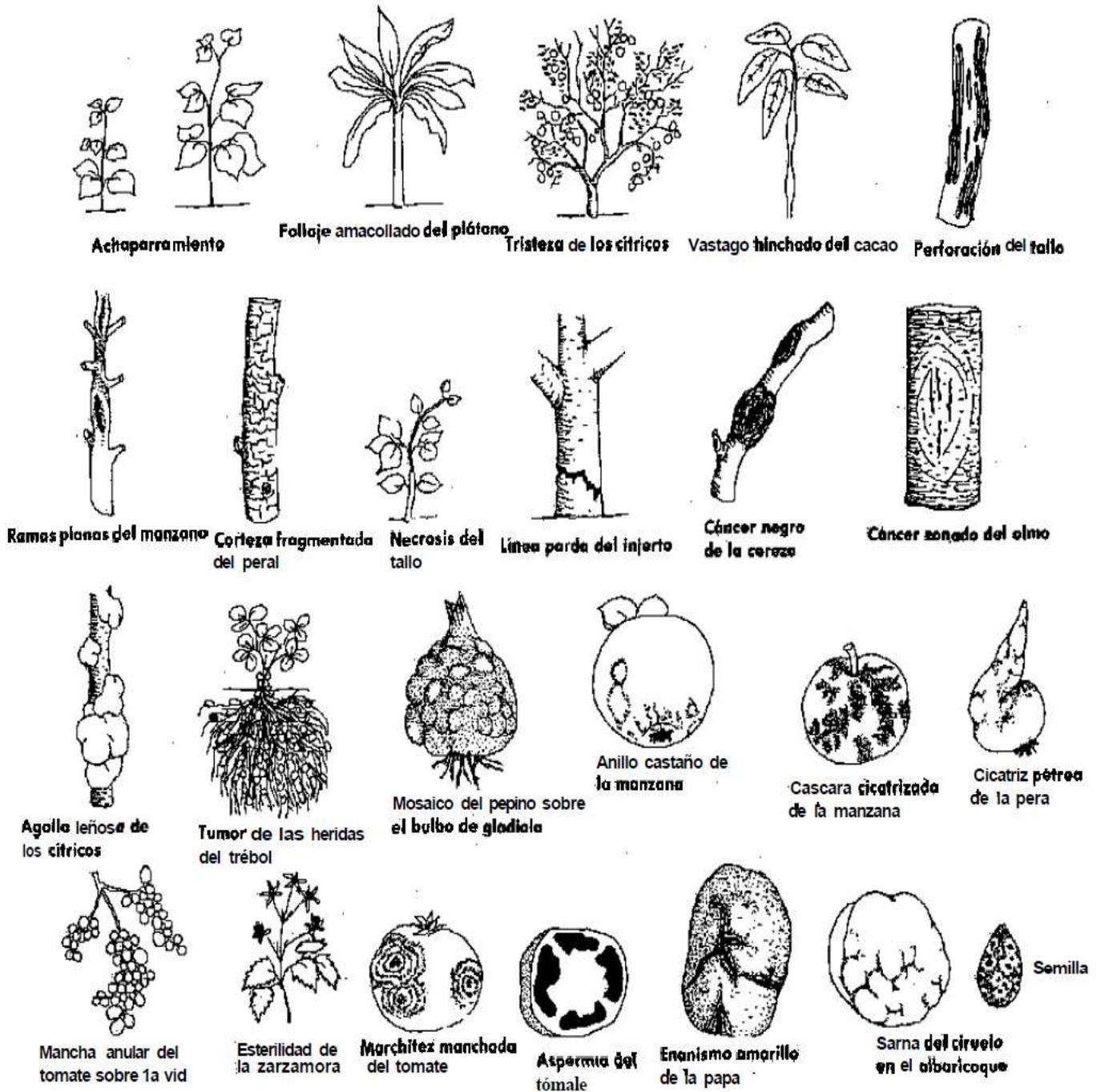


Figura 14-11: (Continuación.)

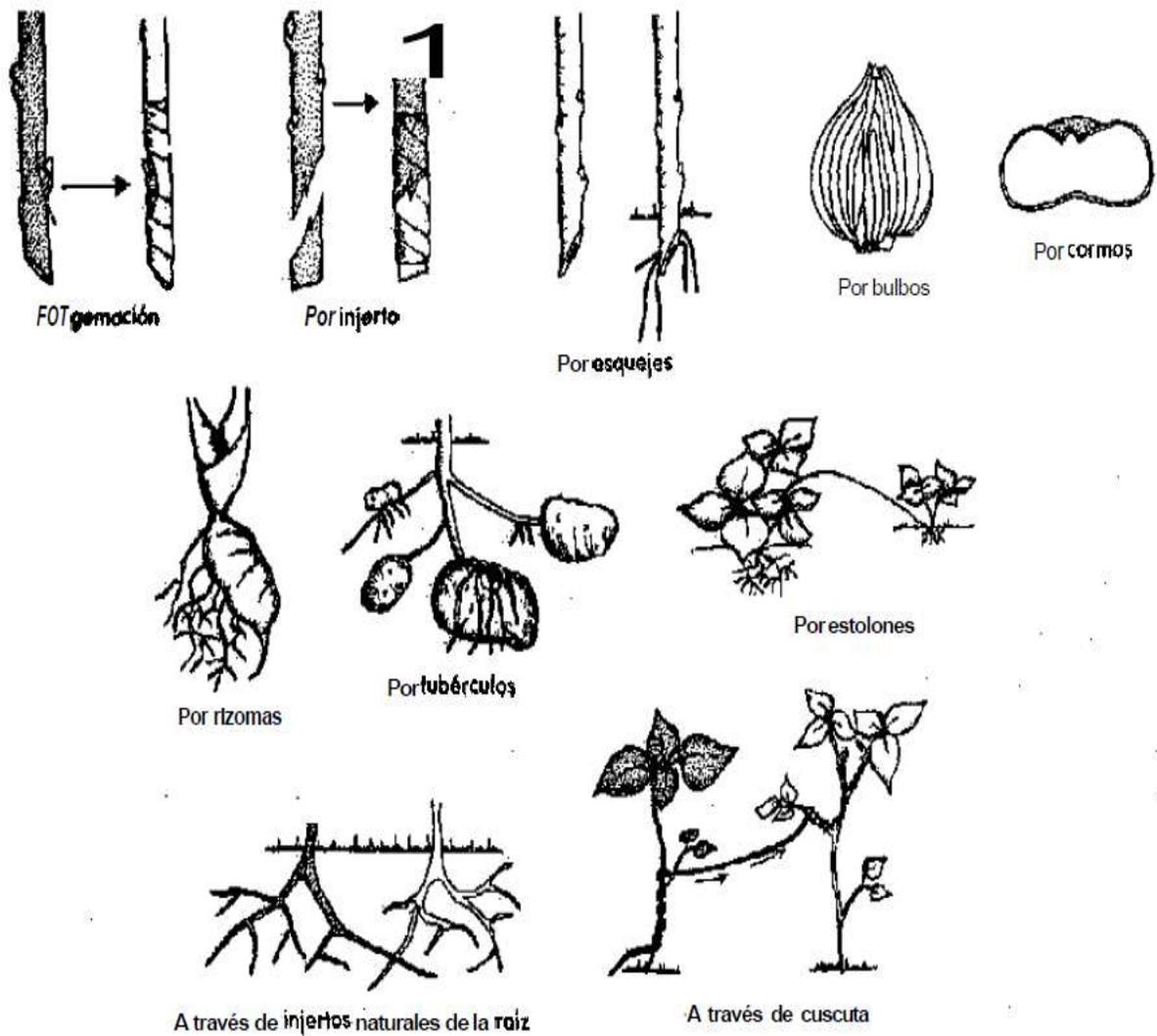


Figura 14-12 Transmisión de virus, organismos semejantes a los micoplasmas y otros patógenos mediante propagación vegetativa, injertos naturales de la raíz y a través de la cuscuta.

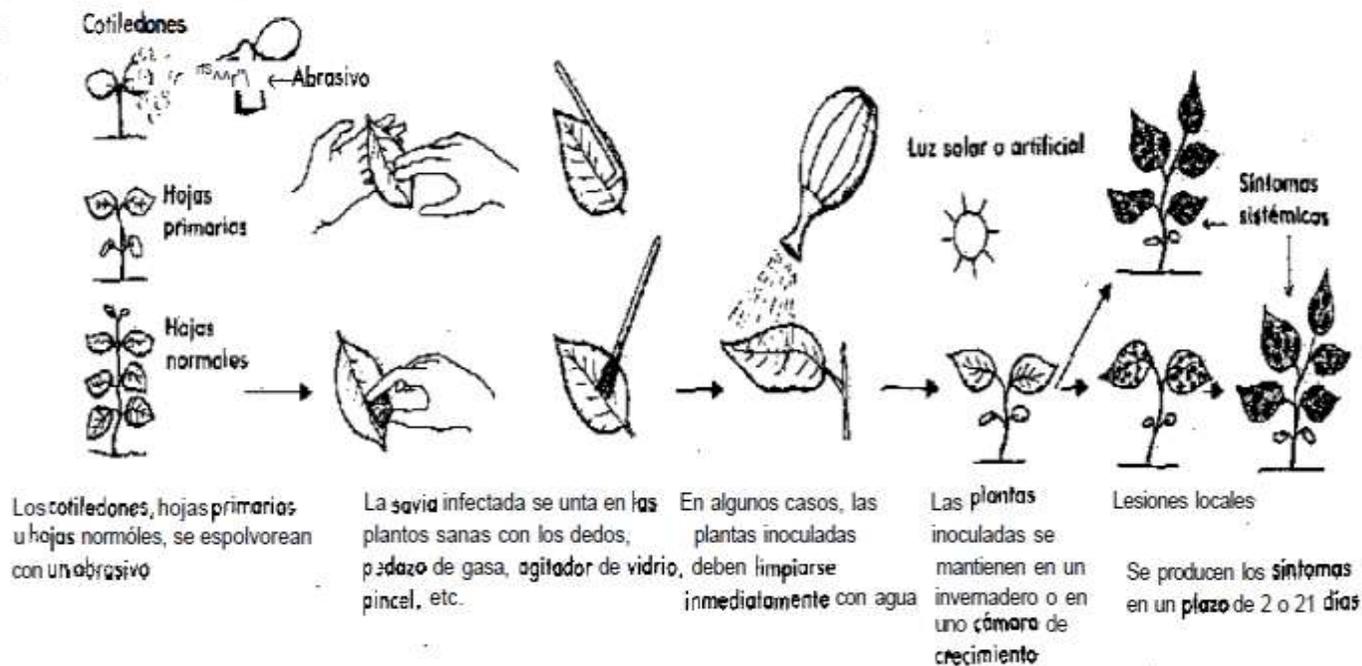
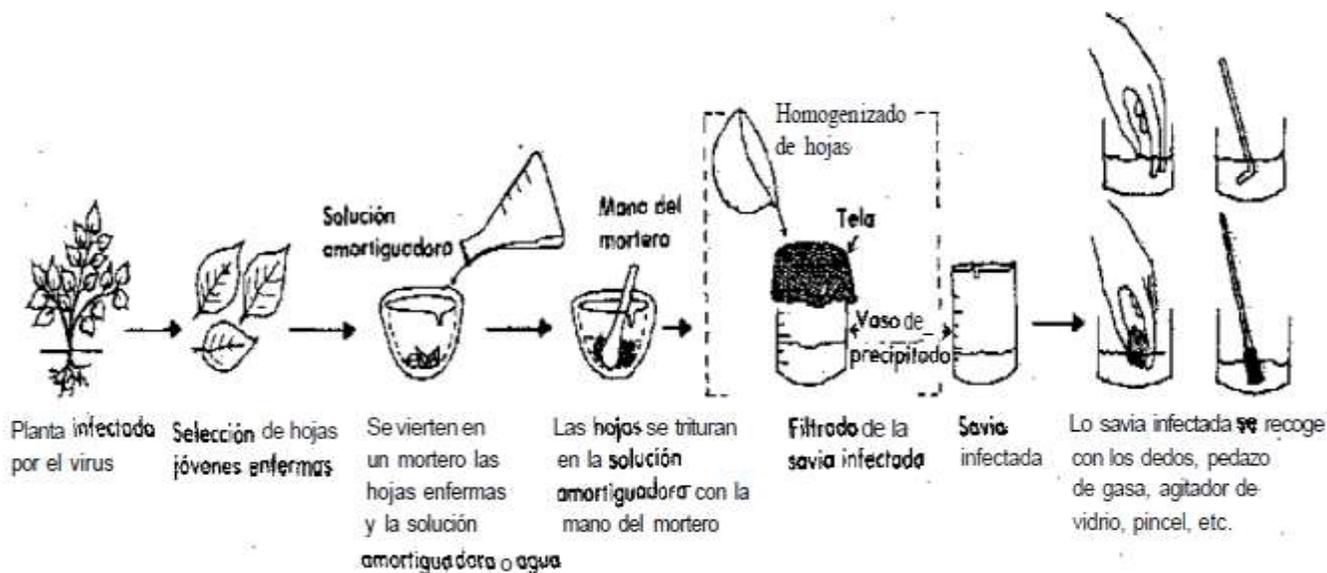


Figura 14-13: Transmisión de los virus fitopatógenos a través de la típica vía mecánica o de la savia.

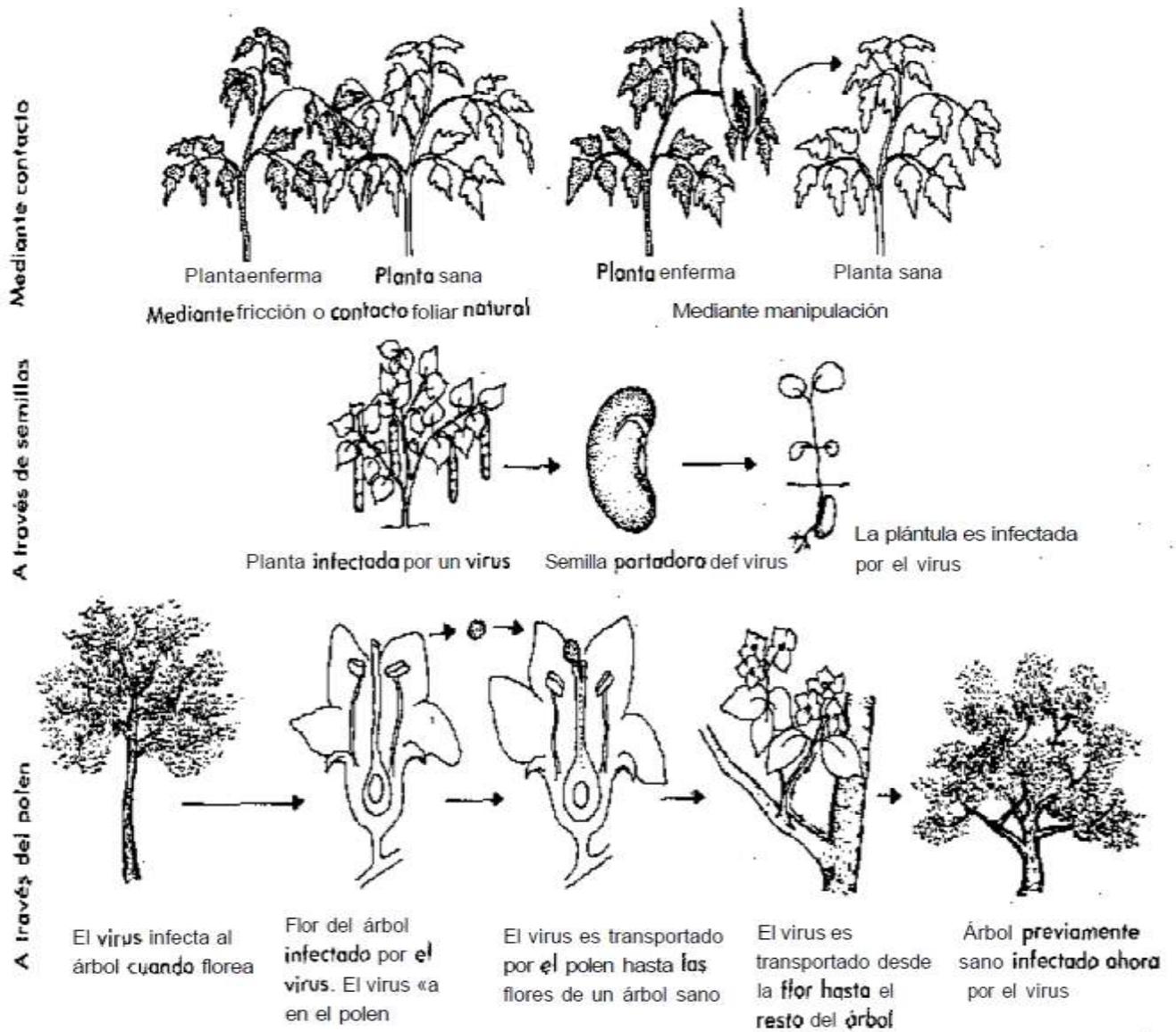


Figura 14-14: Transmisión de los virus a través de manipulación, contacto directo, semillas y polen.

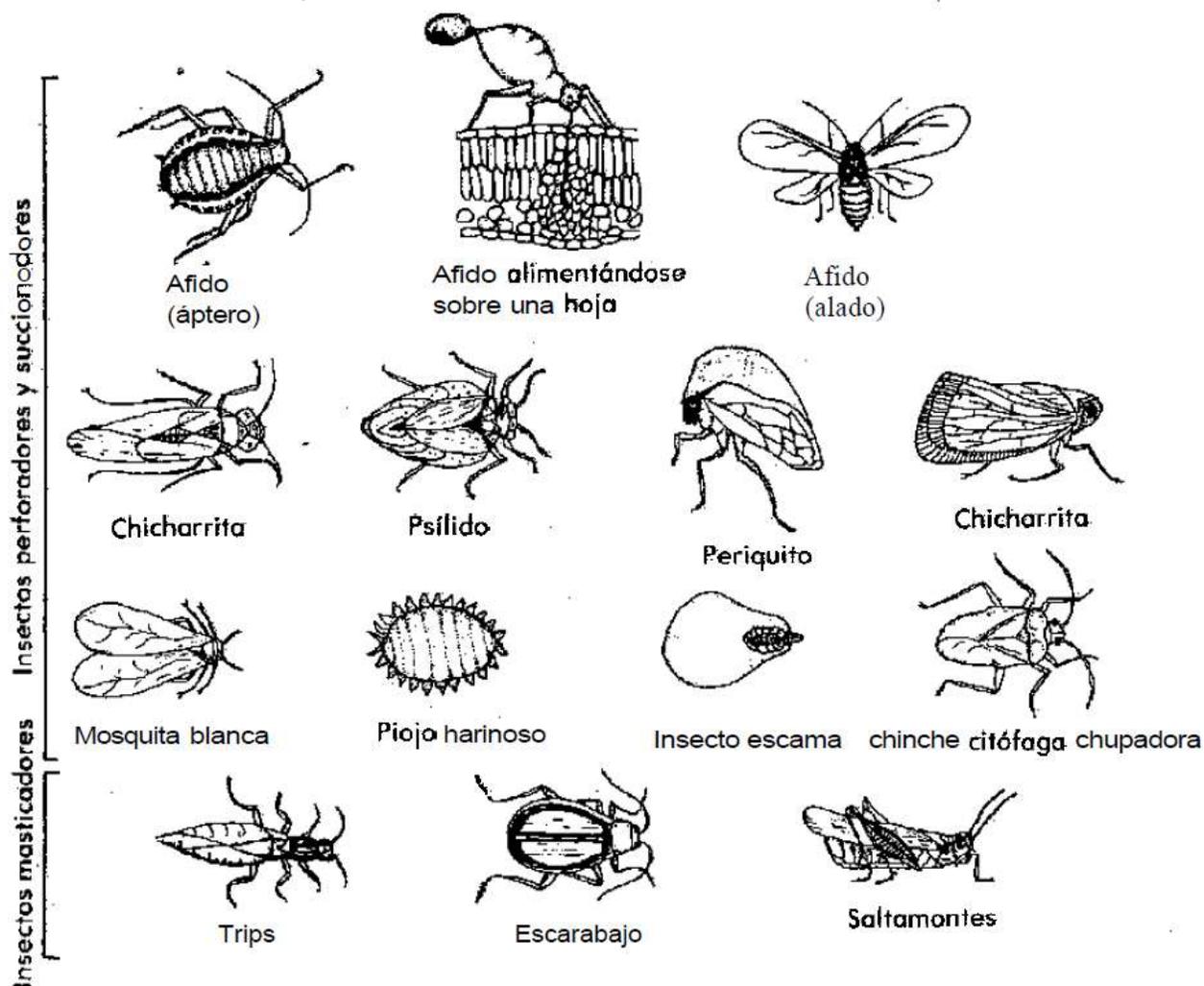


Figura 14-15: Insectos vectores de los virus **fitopatógenos**. Los insectos de la segunda fila **transmiten** también **micoplasmas** y bacterias del tipo de las **rickettsias**.

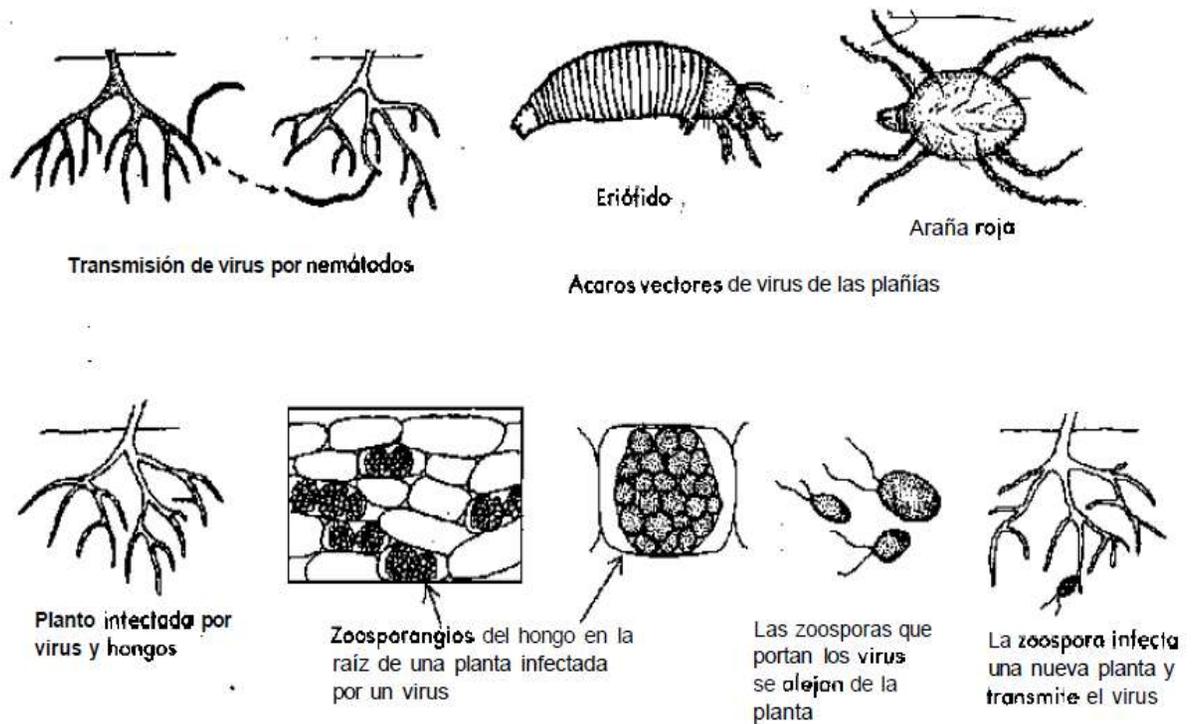


Figura 14-17: Transmisión de los virus fitopatógenos a través de nemátodos, ácaros y hongos.

III. Bibliografía consultada

1. Blog: martinurbinac.wordpress.com
2. Castaño Zapata et. al. 1994. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. Zamorano academic press ISBN. Ed. 3ra . 290.p.
3. George N. Agrios. 2004. Fitopatología. 800. P..