

CURSO DE GRADO Y POSGRADO  
**VIROLOGÍA MOLECULAR VEGETAL, INTERACCIÓN VIRUS-PLANTA Y ESTRATEGIAS DE  
RESISTENCIA  
TEMARIO**

**PARTE I: VIROLOGÍA VEGETAL - TRANSMISIÓN POR VECTORES - DIAGNÓSTICO**

**CLASES 1 y 2:**

Los inicios de la virología, qué es un virus, cómo se nombran, clasifican. Taxonomía, qué es una especie, conceptos de virión, partícula viral. Características de los genomas virales. Estrategias de expresión y replicación genómica. Desensamblaje del virión, expresión, formación de complejos virales, replicación, movimiento intracelular e intercelular, ensamblaje. Movimiento a larga distancia. Defectivos, satélites. Viroides. Caracterización biológica: síntomas macroscópicos, alteraciones histoquímicas, efectos citológicos. Tipos de transmisión: por semilla, mecánica y vectores.

**CLASES 3 y 6:**

Introducción: Mecanismos de transmisión. Taxones involucrados. Sistemas de alimentación. Nematodos: Morfología, biología. Muestreo/colecta. Acari: Morfología, biología. Muestreo/colecta. Insecta. Hemipteroides: Hemiptera y Thysanoptera. Hemiptera: Heteroptera, Auquenorrinca, Esternorrinca. Auquenorrinca: Cicádidos, Delfácidos. Morfología, biología. Esternorrinca: Afidos, Aleyrodidos. Morfología, biología. Thysanoptera: Thripidae. Morfología, biología. Enemigos naturales. Hemipteroides: muestreo/colecta.

**CLASES 4 y 5:**

Métodos diagnósticos para virus de plantas: métodos serológicos (ELISA, foot printing, etc), microscopía electrónica, moleculares (LAMP, PCR, qPCR, etc), hibridaciones moleculares, sondas y polisondas, métodos multiplex y técnicas de secuenciación de última generación (NGS). Métodos aplicados para el estudio de los virus vegetales y plantas resistentes: microscopía confocal, expresión transitoria y estable en plantas, generación y análisis de virus mutantes y genética reversa para estudios funcionales. Movimiento de TMV en la planta, local y sistémico, hospedantes diferenciales de TSWV; inoculación mecánica y por injerto. Virus como herramientas para la producción de proteínas heterólogas y otras aplicaciones.

**PARTE II: INTERACCIÓN VIRUS-PLANTA**

**CLASE 8 y 9:**

Mecanismos de defensa de las plantas frente a virus: locales y sistémicos, silenciamiento génico y efectos de contra-defensa, señalización de receptores inmunes, defensa mediada por hormonas, degradación de proteínas, supresión de la traducción. Factores de la planta que determinan la susceptibilidad a virus. Inmunidad innata, detección y señalización. Receptor inmune antiviral. Inmunidad adaptativa.

**PARTE III: ESTRATEGIAS APLICADAS A LA PROTECCIÓN DE LA PLANTA**

**CLASE 10 y 11:**

Estrategias de obtención de plantas resistentes a virus: genes R, r, derivadas del patógeno, cross-protection, gene-editing y CRISPR-Cas.

**CLASE 12:**

Caracterización de polerovirus asociados a la enfermedad azul típica y atípica del algodón. Conferencia.

**CLASE 13:**

Evolución y emergencia de virus de plantas: el caso de la recombinación en geminivirus. Conferencia.

**CLASE 14 y 15:** talleres de discusión de casos de virus conocidos y virus desconocidos  
Discusión de publicaciones y exposición por parte de grupos de alumnos.

**CLASE 16:** Evaluación escrita.

**Trabajos Prácticos: 3 clases**

**CARGA HORARIA: 60 HORAS**

**BIBLIOGRAFÍA****CLASE 1:**

- Flores R, Minoia S, Carbonell A, Gisel A, Delgado S, López-Carrasco A, Navarro B, Di Serio F (2015) Viroids, the simplest RNA replicons: How they manipulate their hosts for being propagated and how their hosts react for containing the infection. *Virus Res* 209:136–145. doi: 10.1016/j.virusres.2015.02.027
- Harries P, Ding B (2011) Cellular factors in plant virus movement: At the leading edge of macromolecular trafficking in plants. *Virology* 411:237–243. doi: 10.1016/j.virol.2010.12.021
- Holmes EC (2016) The Expanding Virosphere. *Cell Host Microbe* 20:279–280. doi: 10.1016/j.chom.2016.08.007
- Rezelj V V., Levi LI, Vignuzzi M (2018) The defective component of viral populations. *Curr Opin Virol* 33:74–80. doi: 10.1016/j.coviro.2018.07.014
- Steger G, Riesner D (2018) Viroid research and its significance for RNA technology and basic biochemistry. *Nucleic Acids Res* 1–14. doi: 10.1093/nar/gky903
- Roger Hull (2014) *Plant Virology*. Academic Press. 5ta Edición.
- *Virologia Vegetal, Conceitos, fundamentos, classificaçao e controle. Medeiros y otros. (2015) En portugués.*
- International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). <https://talk.ictvonline.org>

**CLASE 2:**

- Dietzgen R, Mann K, Johnson K (2016) Plant Virus–Insect Vector Interactions: Current and Potential Future Research Directions. *Viruses* 8:303. doi: 10.3390/v8110303
- Whitfield AE, Falk BW, Rotenberg D (2015) Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology* 479–480:278–289. doi: 10.1016/j.virol.2015.03.026.
- Agrawal, A. A., Kobayashi, C., & Thaler, J. S. (1999). Influence of prey availability and induced host-plant resistance on omnivory by western flower thrips. *Ecology*, 80(2), 518-523.
- Agrios, G. N. (2005). *Introduction to plant pathology*. Elsevier Academic Press Publication.
- Bardgett, R. (2005). *The biology of soil: a community and ecosystem approach*. Oxford University Press.
- Bensoussan, N., Santamaria, M. E., Zhurov, V., Diaz, I., Grbić, M., & Grbić, V. (2016). Plant-herbivore interaction: dissection of the cellular pattern of *Tetranychus urticae* feeding on the host plant. *Frontiers in plant science*, 7, 1105.
- Bird, A. F., & Bird, J. (1971). *The structure of nematodes* (318 pp).
- Bird, A. F., & Bird, J. (1991). *The structure of nematodes*. S. Diego.
- de Borbón, C. M., Gracia, O., & Piccolo, R. (2006). Relationships between tospovirus incidence and thrips populations on tomato in Mendoza, Argentina. *Journal of Phytopathology*, 154(2), 93-99.
- Brown, D. J. F., & Boag, B. (1988). An examination of methods used to extract virus vector nematodes (Nematoda: Longidoridae and Trichodoridae) from soil samples. *Nematologia mediterranea*, 16(1).

- Carapia Ruiz, V. E., & Castillo-Gutiérrez, A. (2013). Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta zoológica mexicana*, 29(1), 178-193.
- Coiro, M. I., & Sasanelli, N. (1994). The life cycle and reproductive potential of individual *Trichodorus sparsus* (Nematoda) on *S. Lucie* cherry. *Nematologia Mediterranea*, 22(2), 233-236.
- Contreras, J., Lacasa, A., Lorca, M., Sánchez, J. A., & Martínez, M. C. (1996). Localización de la ninfosis de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en los cultivos de habas de verdeo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 22, 351-360.
- Coyne, D. L., Nicol, J. M., & Claudius-Cole, B. *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. International Institute of Tropical Agriculture. ISBN 978-978-8444-51-0. 2014. 82p.
- De Remes Lenicov, A. M., Brentassi, M. E., & Toledo, A. V. (2008). Description of the immature stages of *Delphacodes kuscheli* Fennah (Hemiptera: Delphacidae), vector of "Mal de Río Cuarto virus" on maize in Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 43(1), 25-33.
- Dhooria, M. S. (2016). Mite Transmission of Plant Diseases. In *Fundamentals of Applied Acarology* (pp. 327-339). Springer, Singapore.
- Fereres, A., & Moreno, A. (2009). Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. *Virus research*, 141(2), 158-168.
- Gibb, T. J., Oseto, C. Y., & Oseto, C. (2006). *Arthropod collection and identification: laboratory and field techniques*. Academic Press.
- Gispert, C., Oldfield, G. N., Perring, T. M., & Creamer, R. (1998). Biology of the transmission of peach mosaic virus by *Eriophyes insidiosus* (Acari: Eriophyidae). *Plant disease*, 82(12), 1371-1374.
- Gonsebatt, G. G., Viscarret, M. M., & Lietti, M. M. (2012). Whitefly species (Hemiptera: Aleyrodidae) on wild and cultivated plants in the horticultural region of Rosario, Santa Fe, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 71(1-2).
- Gutiérrez, L., Lacasa, A., Sánchez, J. A., & Contreras, J. (1999). Distribución de la puesta de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en plantas de pimiento. *Boletín de sanidad vegetal plagas (España)*, 25(1), 31-39.
- Hickman, C. P., Roberts, L., & Larson, A. (1998). *Principios integrales de Zoología*. (español).
- Hogenhout, S. A., Ammar, E. D., Whitfield, A. E., & Redinbaugh, M. G. (2008). Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 46, 327-359.
- Holbein, J., Grundler, F. M., & Siddique, S. (2016). Plant basal resistance to nematodes: an update. *Journal of experimental botany*, 67(7), 2049-2061.
- Hill, B. G. (1969). A morphological comparison between two species of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) and *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) which occur on tobacco in the Transvaal. *Phytophylactica*, 1(3\_4), 127-146.
- Jones, D. R. (2003). Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109(3), 195-219.
- Lindquist, E. E., Bruin, J., & Sabelis, M. W. (Eds.). (1996). *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control* (Vol. 6). Elsevier.
- Karadjova, O., & Krumov, V. (2008). TSWV transmission efficiency of an arrhenotokous and a thelytokous population of *Thrips tabaci*. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43(2), 289-292.
- Karanastasi, E., Wyss, U., & Brown, D. J. (2003). An in vitro examination of the feeding behaviour of *Paratrichodorus anemones* (Nematoda: Trichodoridae), with comments on the ability of the nematode to acquire and transmit Tobravirus particles. *Nematology*, 5(3), 421-434.
- Li, J., Ding, T. B., Chi, H., & Chu, D. (2018). Effects of Tomato chlorosis virus on the performance of its key vector, *Bemisia tabaci*, in China. *Journal of Applied Entomology*, 142(3), 296-304.
- Moritz, G., Morris, D. C., & Mound, L. A. (2001). *Thrips ID: an interactive identification and information system (CD)*, Pest thrips of the world.
- Mukhopadhyay, S. (2010). *Plant Virus, Vector*. CRC Press.
- Müller, C. B., Williams, I. S., & Hardie, J. (2001). The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology*, 26(3), 330-340.
- Navas-Castillo, J., Fiallo-Olivé, E., & Sánchez-Campos, S. (2011). Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual review of phytopathology*, 49, 219-248.
- Ng, J. C., & Falk, B. W. (2006). Virus-vector interactions mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 44, 183-212.

- Ogada, P. A., Maiss, E., & Poehling, H. M. (2013). Influence of tomato spotted wilt virus on performance and behaviour of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Journal of Applied Entomology*, 137(7), 488-498.
- Peters, D., Wijkamp, I., Van de Wetering, F., & Goldbach, R. (1995). Vector relations in the transmission and epidemiology of tospoviruses. *Tospoviruses and Thrips of Floral and Vegetable Crops* 431, 29-43.
- Poorkashkooli, M., Aleosfoor, M., & Minaei, K. (2015) Effect of Tomato spotted wilt virus on life table parameters of *Frankliniella intonsa* (TRYBOM)(Thysanoptera: Thripidae) under laboratory conditions.
- Resh, V. H., & Cardé, R. T. (Eds.). (2009). *Encyclopedia of insects*. Academic Press.
- Riley, D. G., Chitturi, A., & Sparks Jr, A. N. (2007). Does natural deposition of pine pollen affect the ovipositional behavior of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca*?. *Entomologia experimentalis et applicata*, 124(2), 133-141.
- Riley, D. G., Joseph, S. V., Srinivasan, R., & Diffie, S. (2011). Thrips vectors of tospoviruses. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), 11-110.
- Rotenberg, D., Jacobson, A. L., Schneweis, D. J., & Whitfield, A. E. (2015). Thrips transmission of tospoviruses. *Current Opinion in Virology*, 15, 80-89.
- Schuster, R. (Ed.). (2012). *The ACARI: Reproduction, development and life-history strategies*. Springer Science & Business Media.
- Shah, M. M. R., & Liu, T. X. (2013). Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PloS one*, 8(10), e77368.
- Stafford, C. A., Walker, G. P., & Ullman, D. E. (2011). Infection with a plant virus modifies vector feeding behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(23), 9350-9355.
- Thompson, W. M. (Ed.). (2011). *The Whitefly, Bemisia Tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Interaction with Geminivirus-Infected Host Plants: *Bemisia Tabaci, Host Plants and Geminiviruses*. Springer Science & Business Media.
- Valverde, R. A., Sim, J., & Lotrakul, P. (2004). Whitefly transmission of sweet potato viruses. *Virus research*, 100(1), 123-128.
- Van Emden, Helmut F.; Harrington, Richard (ed.). (2017) *Aphids as crop pests*. Cabi. Cap 15: Stevens & Lacomme. Transmission of plant viruses. Pp 323 – 361.
- Vargas, Carlos; ochoa, Ronald; Aguilar-Piedra, Hugo. Recolección, montaje y envío de muestras con énfasis en ácaros fitófagos. Collection, mounting and sending samples with emphasis on phytophagous mites. *Boletín Informativo*, 1993, no 29, p. 1-4.
- Walter, D. E., & Proctor, H. C. (1999). *Mites: ecology, evolution and behaviour*.
- Wei, T., & Li, Y. (2016). Rice reoviruses in insect vectors. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 99-120.
- Wijkamp, I., Almarza, N., Goldbach, R., & Peters, D. (1995). Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses. *Phytopathology*, 85(10), 1069-1074.
- Whitfield, A. E., Falk, B. W., & Rotenberg, D. (2015). Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology*, 479, 278-289.
- Whitfield, A. E., Ullman, D. E., & German, T. L. (2005). Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 43, 459-489.
- Yeates, G. W., Bongers, T. D., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology*, 25(3), 315.

### CLASE 3

- Boonham N, Kreuze J, Winter S, van der Vlugt R, Bergervoet J, Tomlinson J, Mumford R (2014) Methods in virus diagnostics: From ELISA to next generation sequencing. *Virus Res* 186:20–31. doi: 10.1016/j.virusres.2013.12.007
- Pallás V, Sánchez-Navarro JA, James D (2018) Recent Advances on the Multiplex Molecular Detection of Plant Viruses and Viroids. *Front Microbiol* 9:1–11. doi: 10.3389/fmicb.2018.02087
- Sánchez-Navarro JÁ, Fiore N, Zarnorano A, Martins Fajardo, Thor Vinícius Pallás V (2018) Simultaneous detection of the 13 viruses and 5 viroids affecting grapevine by molecular hybridization using a unique probe or ' polyprobe '. In: *Proceedings of the 19th Congress of ICVG, Santiago, Chile*. Santiago, Chile, pp 40–41

- Sanchez-Navarro JAA, Cooper CN, Pallás Benet V (2018) Polyvalent detection of members of the Potyvirus genus by molecular hybridization using a 'Genus-probe'. *Phytopathology* PHYTO-04-18- 0146-R. doi: 10.1094/PHYTO-04-18-0146-R
- Wong Y-P, Othman S, Lau Y-L, Radu S, Chee H-Y (2018) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): a versatile technique for detection of micro-organisms. *J Appl Microbiol* 124:626–643. doi: 10.1111/jam.13647

#### **CLASE 4:**

- Shengwu Ma and Aiming Wang, 2012. *Molecular Farming in Plants: An Overview*
- Kee-Yoep Paek Hosakatte Niranjana MurthyJian-Jiang Zhong Editors. 2014. *Production of Biomass and Bioactive Compounds Using Bioreactor Technology*.
- Silvana Petruccelli, 2017. *Las plataformas basadas en plantas para la producción de proteínas heterólogas. Capítulo 1, páginas 1-48. Las plataformas de producción de proteínas basadas en plantas: Tecnologías disponibles y estado de desarrollo. Editorial Académica Española, 2017, ISBN- 13: 978-620-2-23975-2.*

#### **CLASE 8 Y 9:**

- Burgyán J, Havelda Z (2011) Viral suppressors of RNA silencing. *Trends Plant Sci* 16:265–272. doi: 10.1016/j.tplants.2011.02.010
- Calil IP, Fontes EPB (2016) Plant immunity against viruses: antiviral immune receptors in focus. *Ann Bot* 119:mcw200. doi: 10.1093/aob/mcw200
- Carr JP, Murphy AM, Tungadi T, Yoon J-Y (2018) Plant defense signals: Players and pawns in plant- virus-vector interactions. *Plant Sci* 0–1. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.04.011
- Dalio RJD, Magalhães DM, Rodrigues CM, Arena GD, Oliveira TS, Souza-Neto RR, Picchi SC, Martins PMM, Santos PJC, Maximo HJ, Pacheco IS, De Souza AA, Machado MA (2017) PAMPs, PRRs, effectors and R-genes associated with citrus–pathogen interactions. *Ann Bot* 119:mcw238. doi: 10.1093/aob/mcw238
- Garcia-Ruiz H (2018) Susceptibility Genes to Plant Viruses. *Viruses* 10:484. doi: 10.3390/v10090484
- Jiang L, Wei C, Li Y (2012) Viral suppression of RNA silencing. *Sci China Life Sci* 55:109–118. doi: 10.1007/s11427-012-4279-x
- Machado JPB, Calil IP, Santos AA, Fontes EPB (2017) Translational control in plant antiviral immunity. *Genet Mol Biol* 40:292–304. doi: 10.1590/1678-4685-gmb-2016-0092
- Mandadi KK, Scholthof K-BG (2013) Plant Immune Responses Against Viruses: How Does a Virus Cause Disease? *Plant Cell* 25:1489–1505. doi: 10.1105/tpc.113.111658
- Palukaitis P, Yoon J-Y, Choi S-K, Carr JP (2017) Manipulation of induced resistance to viruses. *Curr Opin Virol* 26:141–148. doi: 10.1016/j.coviro.2017.08.001
- Paudel DB, Sanfacon H (2018) Exploring the diversity of mechanisms associated with plant tolerance to virus infection. *Front Plant Sci* 1575. doi: 10.3389/fpls.2018.01575.

#### **CLASES 7 y 8**

- Flores R, Navarro B, Kovalskaya N, Hammond RW, Di Serio F (2017) Engineering resistance against viroids. *Curr Opin Virol* 26:1–7. doi: 10.1016/j.coviro.2017.07.003
- Groen SC, Wamonje FO, Murphy AM, Carr JP (2017) Engineering resistance to virus transmission. *Curr Opin Virol* 26:20–27. doi: 10.1016/j.coviro.2017.07.005
- Mahas, A. and M. Mahfouz (2018). "Engineering virus resistance via CRISPR–Cas systems." *Current Opinion in Virology* 32: 1-8.
- Mitter N, Worrall EA, Robinson KE, Xu ZP, Carroll BJ (2017) Induction of virus resistance by exogenous application of double-stranded RNA. *Curr Opin Virol* 26:49–55. doi: 10.1016/j.coviro.2017.07.009
- Palukaitis P, Yoon J-Y, Choi S-K, Carr JP (2017) Manipulation of induced resistance to viruses. *Curr Opin Virol* 26:141–148. doi: 10.1016/j.coviro.2017.08.001
- Paudel DB and Sanfacon H(2018) Exploring the diversity of mechanisms associated with plant tolerance to virus infection. *Front. Plant Sci.* 9:1575. doi:10.3389/fpls.2018.01575
- Schaeffer, S. M. and P. A. Nakata (2015). "CRISPR/Cas9-mediated genome editing and gene replacement in plants: Transitioning from lab to field." *Plant Science* 240: 130-142.
- Zhang K, Raboanatahiry N, Zhu B, Li M (2017) Progress in Genome Editing Technology and Its Application in Plants. *Front Plant Sci* 8:. doi: 10.3389/fpls.2017.00177
- Ziebell H, MacDiarmid R (2017) Prospects for engineering and improvement of cross-protective virus strains. *Curr Opin Virol* 26:8–14. doi: 10.1016/j.coviro.2017.06.010